



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

Caracterización morfológica, fisiológica y anatómica en los cultivares de café Bourbon y Typica en la finca “Agro Loja” de la parroquia Malacatos cantón Loja

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

AUTOR:

Daniel Fernando Moncayo Herrera

DIRECTOR:

Ing. Max Enrique Encalada Córdova, PhD.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 01 de marzo de 2023

Ing. Max Encalada Córdova, PhD

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del trabajo de integración curricular denominado: **“Caracterización morfológica, fisiológica y anatómica en los cultivares de café Bourbon y Typica en la finca “Agro Loja” de la parroquia Malacatos cantón Loja”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, de la autoría del estudiante **Daniel Fernando Moncayo Herrera**, con cédula de identidad Nro. **1105577710**. Una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa



Firmado electrónicamente por:
**MAX ENRIQUE
ENCALADA CORDOVA**

Ing. Max Encalada Córdova, PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Daniel Fernando Moncayo Herrera**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma: 

Cédula de identidad: 1105577710

Fecha: 31 de mayo del 2024

Correo electrónico: daniel.moncayo@unl.edu.ec

Teléfono: 0989722009

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Daniel Fernando Moncayo Herrera**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Caracterización morfológica, fisiológica y anatómica en los cultivares de café Bourbon y Typica en la finca “Agro Loja” de la parroquia Malacatos cantón Loja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Agrónomo**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los treinta días del mes de mayo del dos mil veinticuatro.

Firma: 

Autor: Daniel Fernando Moncayo Herrera

Cédula: 1105577710

Dirección: Ciudadela “Lote Bonito” Loja – Ecuador.

Correo electrónico: daniel.moncayo@unl.edu.ec

Teléfono: 0989722009

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Max Enrique Encalada Córdova, PhD.

Dedicatoria

A Dios por hacer esto posible, el haber cumplido con mi objetivo, por acompañarme y guiarme a lo largo de la carrera.

A mis seres queridos, en especial a mi hijo Cristopher Daniel por motivarme a seguir adelante, impulsándome día a día hasta lograr cumplir mis metas, a mis padres Luis y Carmen por estar presentes en todos los aspectos de mi vida.

Y como olvidar a mi profesor Patricio, mis amigos Vinicio, Victor, Dalton, Stefany, Karina quienes me apoyaron en cada momento durante estos años de la etapa universitaria.

Daniel Fernando Moncayo Herrera

Agradecimiento

Agradezco primeramente a Dios, por la oportunidad de terminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mi director de trabajo de integración curricular Ing. Max Enrique Encalada Córdova, PhD. quien con su conocimiento, paciencia, compromiso, dedicación y experiencia supo guiarme en el desarrollo de este trabajo de integración curricular.

A la Universidad Nacional de Loja, en especial a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables y a la Carrera de Agronomía que me abrió sus puertas, recibíendome en sus aulas, forjándome enseñanzas para en un futuro ejercer mi profesión.

A toda la planta docente que me ayudaron en la formación académica durante el transcurso de la carrera.

Daniel Fernando Moncayo Herrera

Índice de Contenidos

Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de Contenidos.....	vii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras.....	xi
Índice de anexos.....	xiii
1. Título.....	1
2. Resumen.....	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción.....	4
3.1. Objetivo general.....	5
3.2. Objetivos específicos.....	5
4. Marco teórico.....	6
4.1. Generalidades del café.....	6
4.2. Café en el Ecuador.....	6
4.3. Zonas productoras.....	7
4.4. Cultivar Typica Mejorada.....	7
4.5. Cultivar Bourbon Sidra.....	8
4.6. Taxonomía.....	8
4.7. Fenología del café.....	8
4.8. Morfología del café.....	9
4.8.1. Raíz.....	9

4.8.2.	Tallo.....	9
4.8.3.	Hojas.....	9
4.8.4.	Flores.....	9
4.8.5.	Fruto.....	10
4.8.6.	Semilla.....	10
4.9.	Fisiología del café.....	10
4.9.1.	Tipos de Clorofila.....	10
4.9.2.	Densidad y apertura estomática.....	11
4.9.3.	Índice estomático.....	11
4.10.	Anatomía de la hoja del café.....	12
4.10.1.	Estomas.....	12
4.10.2.	Estructura anatómica de la hoja.....	12
4.11.	Antecedentes.....	12
5.	Materiales y métodos.....	14
5.1.	Localización general del estudio.....	14
5.1.1.	Ubicación geográfica.....	14
5.1.2.	Condiciones del lugar.....	14
5.2.	Metodología.....	15
5.2.1.	Muestreo.....	15
5.3.	Metodología para el primero objetivo.....	15
5.4.	Metodología para el segundo objetivo.....	17
5.5.	Metodología para el tercer objetivo.....	18
6.	Resultados.....	20
6.1.	Caracterización Morfológica de los dos cultivares de café arabica Typica y Bourbon	20
6.2.	Caracterización Fisiológica de los dos cultivares de café arabica Typica y Bourbon	27

**6.3. Caracterización Anatómica de los dos cultivares de café arabica Typica y Bourbon
30**

7. Discusión	34
7.1. Características Morfológicas	34
7.2. Características Fisiológicas.....	36
7.3. Características Anatómicas	38
8. Conclusiones	40
9. Recomendaciones.....	41
10. Bibliografía	42
11. Anexos	51

Índice de tablas

Tabla 1. Taxonomía de la planta de café.....	8
Tabla 2. Condiciones de la finca Agro Loja.....	14
Tabla 3. Partes de la estructura anatómica de la hoja de café.	30
Tabla 4. Número de vasos conductores.....	33

Índice de figuras

Figura 1. Finca Agro Loja.....	14
Figura 2. Diámetro (mm) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.....	20
Figura 3. Número de ramas por planta de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.....	21
Figura 4. Longitud de la rama (cm) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.....	21
Figura 5. Longitud de la hoja (m) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.....	22
Figura 6 Ancho de la hoja (cm) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.....	22
Figura 7. Longitud del peciolo foliar (mm) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.....	23
Figura 8. Número de hojas por plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.....	23
Figura 9. Color de la hoja joven de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.....	24
Figura 10. Longitud de entrenudos (cm) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.....	24
Figura 11. A. promedio de ángulo del ápice de la hoja de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido. B. medición del ángulo de la hoja.....	25
Figura 12. A. promedio de ángulo de inserción de las ramas del eje central de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido en producción. B. medición del ángulo de la rama central.....	25
Figura 13. Número de frutos por rama de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.....	26
Figura 14. Longitud de la arista de la estípula (cm) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.....	26
Figura 15. Contenido de clorofila total (Unidades SPAD) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.....	27

Figura 16. A. Número de estomas ($x \text{ mm}^2$) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido. B. cuantificación de estomas de la variedad Bourbon por cuadrante (lente 20x).....28

Figura 17. A. Número de células epidérmicas típicas ($x \text{ mm}^2$) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido. B. cuantificación de células epidérmicas por mm^2 (lente 20x).....29

Figura 18. Índice estomático ($x \text{ mm}^2$) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.30

Figura 19. Medición de las partes de la hoja de café y corte transversal de la hoja variedad Typica lente (20x).31

Figura 20. A. Longitud y ancho de los estomas parte externa ($L \mu\text{m}$ y $A \mu\text{m}$) y parte interna ($L_C \mu\text{m}$ y $A_C \mu\text{m}$) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido. B. medición de los estomas variedad Typica.32

Figura 21. A. Número de vasos ($x \text{ mm}^2$) en las ramas de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido. B. Diámetro de vasos corte transversal y medición de número de vasos variedad bourbon.33

Índice de anexos

Anexo 1. Plantación de café cultivar typica.....	51
Anexo 2. Medición de la altura de la planta.	51
Anexo 3. Medición de la longitud de los entrenudos.....	52
Anexo 4. Medición del ángulo de inserción de la rama.....	52
Anexo 5. Medición del ángulo del ápice de la hoja.	53
Anexo 6. Medición con el Colorímetro en las hojas de café.	53
Anexo 7. Cuantificación de granos de café por planta.	54
Anexo 8. Registro de la conductancia estomática en hojas de café.....	54
Anexo 9. Corte trasversal de la rama de café con lente 10x.	55
Anexo 10. A. Micrótopo de mano. B. Muestra de la rama. C. cortes de cada variedad de café con tinte de safranina/astrablue.....	56
Anexo 11. Corte trasversal dela hoja de café con glicerina líquida y medición de cada una de sus partes. A cultivar Typica. B. Cultivar Bourbon.	57
Anexo 12. A. Preparacion de las muestras en laboratorio. B. tinción de los cortes transversales de las hojas de café con azul de toluidina.	58
Anexo 13. Cuantificación de estomas de la hoja de café cultivar Bourbon.....	58
Anexo 14. A. Medición interna del estoma. B. cuantificación de células epidérmicas.....	59
Anexo 15. A. Vasos conductores cultivar Bourbon lente 40x. B. vasos conductores cultivar Bourbon lente 40x.	60
Anexo 16. Medición del diámetro de los vasos del cultivar Typica.	61
Anexo 17. Certificado traducción del resumen.....	62

1. Título

Caracterización morfológica, fisiológica y anatómica en los cultivares de café Bourbon y Typica en la finca “Agro Loja” de la parroquia Malacatos cantón Loja

2. Resumen

El café es un cultivo de importancia económica, social y ambiental tanto a nivel mundial como nacional; la provincia de Loja se destaca por la producción de café de calidad y de altura. Sin embargo, la baja productividad ha constituido un problema a enfrentar en la caficultura lojana y la identificación de variedades al momento de cultivarlas presenta otro problema para el agricultor. La presente investigación se desarrolló en La finca Agro Loja de la parroquia Malacatos del cantón Loja con el fin de determinar las características morfológicas, fisiológicas y anatómicas de los cultivares de café Bourbon y Typica. La investigación se inició con una plantación de café ya establecida de 5 años, se utilizó un muestreo poblacional seleccionando 10 plantas que se encuentren en las mejores condiciones por cada cultivar. Las variables evaluadas de forma morfológicas fueron: diámetro del tallo, número de ramas por planta, longitud de la rama, longitud y ancho de la hoja, longitud del peciolo foliar, número de hojas por planta, color de la hoja joven, longitud de entrenudos, ángulo del ápice de la hoja, ángulo de inserción de la rama del eje central, número de frutos por rama y longitud de la arista de la estípula; variables fisiológicas fueron clorofila, densidad estomática, número de células epidérmicas e índice estomático y las variables anatómicas fueron estructura anatómica de la hoja, estructura de los estomas y estructuras de los vasos conductores. Los resultados para las características morfológicas en ambos cultivares presentaron valores similares, pero en las características fisiológicas los mejores valores fueron para el cultivar Bourbon y en las características anatómicas los mejores valores presentaron el cultivar Typica. En conclusión, la anatomía de las plantas de café es un indicio para determinar una mejor caracterización.

Palabra claves: morfología, fisiología, anatomía, parénquima, estomas, vasos conductores.

2.1. Abstract

Coffee is a crop of economic, social and environmental importance at both the global and national levels; the province of Loja stands out for the production of quality coffee and high altitude. However, low productivity has been a problem to be faced in the coffee growing in Loja and the identification of varieties at the time of cultivation presents another problem for the farmer. This research was carried out at the Agro Loja farm in the parish of Malacatos in Loja canton in order to determine the morphological, physiological and anatomical characteristics of the Bourbon and Typica coffee cultivars. The research began with a coffee plantation already established for 5 years. A population sampling was used, selecting 10 plants with the best conditions for each cultivar. The morphological variables evaluated were: stem diameter, number of branches per plant, branch length, leaf length and width, leaf petiole length, number of leaves per plant, young leaf color, internode length, leaf apex angle, central axis branch insertion angle, number of fruits per branch and stipule edge length; physiological variables were chlorophyll, stomatal density, number of epidermal cells and stomatal index, and anatomical variables were anatomical leaf structure, stomata structure and conducting vessel structures. The results for the morphological characteristics both cultivars presented similar values, but in the physiological characteristics the best values were for the Bourbon cultivar and in the anatomical characteristics the best values were for the Typica cultivar. In conclusion, the anatomy of coffee plants is an indication to determine a better characterization.

Key words: *morphology, physiology, anatomy, parenchyma, stomata, conducting vessels.*

3. Introducción

El café (*Coffea arabica* L.) es un cultivo de importancia económica, social y ambiental tanto a nivel mundial como nacional, cuyo origen se remonta a los bosques del sudoeste de Etiopía hasta Yemen (Venegas et al., 2018). Typica y Bourbon y constituyen las variedades más importantes de café (Ruiz y Merlín, 2021). En Ecuador 199 215 ha se encuentran ocupadas por este cultivo con el 68% de *C. arabica*, distribuidas en 23 provincias (Venegas et al., 2018). Para el año 2019 el rendimiento de *C. arabica* disminuyó en un 32% con respecto al año anterior pasando de 0,44 t ha⁻¹ en 2018 a 0,30 t ha⁻¹ (Lema, 2019).

Las zonas de mayor producción en nuestro país son Manabí, las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes y Loja con los siguientes cantones: Puyango, Chaguarpamba, Olmedo, Quilanga, Espíndola y Paltas (Duicela et al., 2017).

Por la ubicación geográfica, las condiciones edafoclimáticas y sistemas con condiciones óptimas para la conservación de la biodiversidad y demás servicios ecosistémicos, la provincia de Loja se destaca por la producción de café de calidad (Jezeer y Verweij, 2016). Sin embargo, la baja productividad siempre ha constituido un problema a enfrentar en la caficultura lojana, ya que el rendimiento obtenido de 120 kg ha⁻¹ es inferior en comparación a otras provincias como Zamora Chinchipe cuyo rendimiento fluctuó en 280 kg ha⁻¹ para el año 2016 (Duicela et al., 2017).

La variación en el rendimiento del cultivo de café es determinada por un conjunto de factores ambientales y su interacción con los procesos fisiológicos, causantes de distintos cambios morfológicos, fisiológicos y bioquímicos, debido a que inciden en el mejoramiento de las prácticas de producción, así como en la optimización de la fotosíntesis y consecuentemente el incremento de la productividad de los cultivos (Encalada et al., 2016).

La finca Agro Loja es una de las principales productoras de café de exportación de la parroquia Malacatos del cantón Loja, donde las principales variedades cultivadas son: typica mejorada, bourbon sidra, caturra y geisha, debido a la alta demanda por su calidad de taza. Las características morfológicas, fisiológicas y anatómica de las variedades de *C. arabica*, nos permitan identificar una variedad de otra; ya que el bajo rendimiento de cada cultivar, debido al manejo agronómico ofertado al cultivo no se realiza en base los requerimientos de cada variedad, aumentando los costos de producción y provocando una ineficiencia en el sistema.

La presente investigación se encuentra vinculada con la línea de investigación de la Universidad Nacional de Loja denominada “Sistemas agropecuarios sostenibles para la soberanía alimentaria”, de igual manera con la línea de investigación de la Carrera de Agronomía de la Universidad Nacional de Loja denominada “Tecnologías para la producción y posproducción agrícola sostenible”. Lo que se pretende es describir las características morfológicas, fisiológicas y anatómicas en dos variedades de café Arábigo, que también se vincula con el Segundo Objetivo de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS 2) denominado “Hambre cero” y es necesario mencionar que este proyecto que forma parte del programa institucional denominado “Programa de investigación para la sostenibilidad de la caficultura de la zona sur del Ecuador”.

3.1. Objetivo general

- Caracterizar de forma Morfológica, Fisiológica y Anatómica en dos cultivares de café en la finca “Agro Loja” de la parroquia Malacatos cantón Loja

3.2. Objetivos específicos

- Describir la caracterización Morfológica en dos cultivares de café en la finca “Agro Loja”.
- Caracterizar Fisiológicamente dos cultivares de café en la finca “Agro Loja”.
- Analizar las Características Anatómica en dos cultivares de café en la finca “Agro Loja”.

4. Marco teórico

4.1. Generalidades del café

El centro más probable de origen del café arábigo la constituyen las montañas sur occidentales de Etiopía en el Nororiente de África. En el mundo sobresalen por su importancia comercial, la especie de los cafés arábigos y la de los cafés robustos. La primera especie abarca casi las tres cuartas partes de la producción mundial y se cultiva principalmente en Centro y Sur de América (Santiana Ayala, 2013).

En el Ecuador para el año 2018 se registraron 45 852 ha sembradas con café, con rendimiento promedio anual de 0.15 t ha⁻¹ y de acuerdo a reportes lo producido por el 85% de agricultores dedicados a esta actividad. En la Amazonía el café arábigo se cultiva en las zonas altas de la región, conocida como pie de cordillera, siendo las provincias de Zamora Chinchipe y Morona Santiago como las de mayor importancia para la especie con superficies sembradas de entre 1000 y 2000 ha (Iniap, 2020).

Entre los años 2012 y 2013, en el marco del proyecto de “Reactivación cafetalera en el Ecuador” orientado a incrementar la producción de café en el país, se importaron diferentes variedades de café arábigo originarias principalmente de Brasil, las que fueron distribuidas en las zonas cafetaleras tanto en la región Costa como en la Amazonía (Iniap, 2020).

4.2. Café en el Ecuador

La caficultura para los ecuatorianos es una actividad con una destacada importancia económica, social y ambiental. El café en este país significa generación de ingresos para los caficultores, acopiadores, transportistas y comercializadores, así como ingresos de divisas que contribuyen a dinamizar la economía rural en los territorios productores. El café, además, cumple un importante papel social en Ecuador, directamente relacionado con la participación de los diversos pueblos y etnias, hombres y mujeres, de todas las edades y niveles de escolaridad, en los procesos de producción, transformación y comercialización del café, así como en la generación de empleo, especialmente, en las actividades de cosecha. Los cafetaleros en 23 de las 24 provincias del país, conforman un amplio tejido social con un gran impacto multisectorial (Carlota, 2020).

La importancia ecológica del café en Ecuador radica en la amplia diversidad de suelos en que se cultiva, fundamentalmente en ricos sistemas agroforestales que contribuyen

significativamente a la conservación de los recursos fitogenéticos, a la captura de carbono y al balance hídrico (Carlota, 2020).

De otro lado, las importaciones para consumo interno de café en grano oro incrementó considerablemente respecto al 2017; este comportamiento es inusual debido a que en los últimos cinco años el monto no sobrepasó las 600 toneladas. Las importaciones de consumo nacional presentaron una tendencia variable, siendo los años 2009 a 2012 los que representaron las mayores importaciones de la serie analizada (2008—2018); mientras que, las importaciones temporales (admisiones temporales de perfeccionamiento para reexportación) han tenido una tendencia al alza hasta el año 2012, en años siguientes han disminuido y el año 2018 presentó una disminución del 31 %, respecto al año 2017, alcanzando una importación de 26,973 toneladas (MAG, 2020).

4.3. Zonas productoras

En el Ecuador, las zonas productoras de café en la región costa son: Esmeraldas 4,33 %, Manabí 32,33 %, Guayas 6,42 %, Los Ríos 6,07 % y El Oro 4,37 %; en la región sierra: Imbabura 0,14 %, Pichincha 4,22 %, Cotopaxi 1,62 %, Bolívar 3,18 %, Chimborazo 0,38 %, Cañar 0,14 %, Azuay 0,19 % y Loja 13,46 %; en la región Amazónica: Sucumbíos 8,84 %, Orellana 8,88 %, Napo 2,13 %, Pastaza 0,07 %, Morona Santiago 0,25 %, Zamora Chinchipe 2,52 % y en la región insular Galápagos 0,53 % (Venegas et al., 2018).

4.4. Cultivar Typica Mejorada

Esta variedad de café es considerada una de las más importantes cultural y genéticamente de *C. arabica* en el mundo, por su alta calidad en Centroamérica; pero presenta una alta susceptibilidad a la roya, también se adapta a condiciones más frías. Es una de las variedades de café arábico caracterizado por su alta calidad, ha sido la base para la generación de nuevas variedades de café. Su fruto es grande con una etapa de maduración corta ofreciendo un café de taza con acidez dulce y refrescante. Su desventaja es que es de baja productividad (Ruiz y Merlín, 2021).

El fruto es alargado, grande, de coloración vinosa en su madurez y tardío en su maduración. Se adapta mejor de zonas medias a altas, entre 1,300 a 1,800 metros sobre el nivel del mar, con acentuado comportamiento bienal en su producción y susceptible al ataque de roya (Anacafé, 2019).

4.5. Cultivar Bourbon Sidra

Cultivar originario de las Islas Reunión (antes Bourbon). Se caracteriza por su alta producción por árbol. Es de porte alto, sus hojas tiernas son generalmente de color verde, las hojas son anchas y redondas. Bourbon sidra es una nueva variedad de café híbrido, elaborado a partir de Bourbon y Typica, y fusiona las características de estas dos variedades. Ha adquirido los azúcares densos y el peso de un Borbón Rojo y la acidez de Typica (Ruiz y Merlín, 2021).

El fruto es de menor tamaño, un poco más corto, de color rojo en su madurez y excelente calidad de taza, se le tipifica como variedad de porte alto, se cultiva en zonas medias y altas de 1,070 a 1,980 metros sobre el nivel del mar (Anacafé, 2019).

4.6. Taxonomía

Tabla 1. *Taxonomía de la planta de café*

Nombre Científico	<i>Coffea arabica</i>
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Gentianales
Familia:	Rubiáceas

4.7. Fenología del café

Las fases fenológicas de crecimiento vegetativo y reproductivo en el café son una respuesta a los estímulos ambientales, en especial la distribución de las lluvias durante el año. Como una respuesta a la distribución de los períodos secos y húmedos de la zona cafetera se da la distribución de la cosecha en las diferentes regiones de la zona cafetera; los diferentes estados fenológicos de la planta de café se manifiestan de manera simultánea, es decir, en una misma planta es posible encontrar formación de nudos, hojas, estructuras de floración y frutos en diferente estado de desarrollo, aspecto que conduce a que se presente una permanente competencia por asimilados (González et al., 2014).

4.8. Morfología del café

4.8.1. Raíz

El cafeto tiene una raíz principal que penetra verticalmente en suelos sin limitaciones físicas, hasta profundidades de 50 cm, de la cual salen otras raíces gruesas que se extienden horizontalmente y sirven de soporte a las raíces delgadas o absorbentes, llamadas también raicillas (Vargas, 2020).

4.8.2. Tallo

El cafeto normalmente forma un solo eje o tallo central, con nudos y entrenudos formados por el crecimiento del ápice vegetativo. El tallo del cafeto en sus primeros 9 a 11 nudos presenta sólo hojas, dispuestas en filotaxia 2/5. A partir del doceavo nudo aparecen las ramas primarias, dispuestas en inserción opuestas entre sí, formando pares, los mismos que llevan orientación alternativa, dando a la parte aérea de la planta una formación cónica (Arcila et al., 2007).

4.8.3. Hojas

Las hojas aparecen en las ramas laterales o plagiotrópicas en un mismo plano y en posición opuesta. Tiene un pecíolo corto, plano en la parte superior y convexo en la inferior. La lámina es de textura fina, fuerte y ondulada. Su forma varía de ovalada (elíptica) a lanceolada. El haz de la hoja es de color verde brillante y verde claro mate en el envés. En la parte superior de la hoja las venas son hundidas y prominentes en la cara inferior. Su tamaño puede variar de 3 a 6 pulgadas de largo. La vida de las hojas en la especie arábica es de 7 a 8 meses mientras que en la *canephora* es de 7 a 10 meses (Arcila et al., 2007).

4.8.4. Flores

Las inflorescencias se encuentran formando grupos en las axilas de las hojas de las ramas plagiotrópicas y ocasionalmente en ramas ortotrópicas de madera tierna; las flores son pequeñas, de color blanco y de olor fragante. Los cinco pétalos de la corola se unen formando un tubo. El número de pétalos puede variar de 4 a 9 dependiendo de la especie y la variedad. El cáliz está dividido en 4 a 5 sépalos (Monroig, 2016).

La inflorescencia del café es una cima de eje muy corto que posee un número variado de flores, en los arábicos es de 2 a 9 y en los robustoides de 3 a 5. Como regla general se forman en la madera o tejido producida el año anterior. En las partes lignificadas del arbusto que posean de uno a tres años aparecen en gran número. Los granos de polen en las especies

canephora y liberica son fácilmente transportados por brisas leves mientras que en la especie arábica no, debido a que son pesados y pegajosos (Monroig, 2016).

Las especies canephora y liberica son especies alógamas y los arábicos son autógamas. En las especies donde ocurre la polinización cruzada los polinizadores principales son los insectos. En los arábicos el 94% de la polinización es autopolinización y sólo en un 6% puede ocurrir polinización cruzada (Arcila et al., 2007).

4.8.5. Fruto

De la unión del grano de polen con el óvulo se forman los frutos y las semillas del café, existen cuatro periodos o etapas de desarrollo en los frutos de café. La primera etapa va desde la fecundación hasta la 6 semana, allí el crecimiento en tamaño y peso de los frutos es lento. Luego viene la segunda etapa donde los frutos empiezan a crecer, en esta etapa se necesita de agua, de lo contrario el fruto se queda pequeño. En la tercera etapa se da una gran demanda de nutrientes, el fruto empieza a cambiar de color de verde a amarillo, en esta etapa se endurece la almendra. La falta de agua en la cuarta etapa hace que el fruto no se forme bien y se produzca el grano a-veranado. Finalmente, en el cuarto periodo, el cual se denomina época de maduración el fruto cambia al color rojo. Luego, si no se cosecha el fruto, se produce un fruto sobre-maduro o seco (Avendaño, 2017).

4.8.6. Semilla

En su mayor parte, la semilla se encuentra constituida por el endospermo y el embrión. El endospermo coriáceo es de color verdoso o amarillento. Forma un repliegue que se inicia en el surco de la cara plana. Las células del endospermo contienen almidón, aceites, azúcares, alcaloides como cafeína y otras sustancias. Cuando la semilla de café es tostada ocurren algunos cambios en la estructura de las células del endospermo, dando lugar a la formación de cuerpos aromáticos que son el resultado de la elevación de temperatura en los aceites especiales que están contenidos en la semilla y que son liberados cuando el café tostado es molido. La semilla o cotiledón tiene un surco o hendidura en el centro del lado plano por donde se unen las dos semillas. El grano o semilla tiene un extremo que termina en forma puntiaguda donde se encuentra el embrión (Vargas, 2020).

4.9. Fisiología del café

4.9.1. Tipos de Clorofila

Al ser el principal órgano de captación de la luz en el proceso de la fotosíntesis, las hojas de café (*Coffea arabica*) tienen un rol importante en el desarrollo del cultivo, y a través

de su análisis químico es posible conocer el funcionamiento de la planta. A la fecha se conoce poco acerca de la composición química de las hojas de café (Marín-Garza et al., 2018).

Durante la etapa de floración de la planta de café se encuentra con una concentración promedio de clorofila a 2.11 mg g^{-1} PMF, b 0.79 mg g^{-1} PMF y total 2.93 mg g^{-1} PMF, con diferencias estadísticamente significativas entre las etapas del ciclo anual analizada (Marín et al., 2018).

4.9.2. Densidad y apertura estomática

Son diversos los factores que controlan la apertura y cierre de los estomas: la concentración de CO₂ en el interior de las hojas, humedad atmosférica, potencial hídrico de la hoja, temperatura y viento. En este sentido, las regiones de clima mediterráneo, las diferentes especies se enfrentan de forma distinta a la falta de agua estival y adoptan estrategias fisiológicas (cierre de estomas), morfo-anatómicas (enrollamiento foliar, cambios en la reflexión, paraheliotropismo) o bioquímicas (Reacción de Mehler, ciclo Asada-Hallivell, fotorrespiración) (Reyes et al., 2015).

Las plantas pueden ser evitadoras, previenen el daño por déficit hídrico mediante un rápido cierre de estomas, evitando así cambios en el potencial hídrico de la planta, pero limitando la asimilación de carbono. Las plantas tolerantes reducen la pérdida de agua manteniendo cierta asimilación de carbono y su potencial hídrico se reduce durante horas de luz y se recupera por la noche.

El número de estomas en las diferentes especies vegetales es variable establece un rango de 100 a 300 estomas/mm² en angiospermas; Investigadores han encontrado en varias especies que el número de estomas varía en la superficie de la lámina (Reyes et al., 2015).

4.9.3. Índice estomático

El índice estomático, tanto en condiciones de humedad como de déficit hídrico generan el cierre de los estomas y disminuye la entrada de CO₂, lo cual genera gasto de agua a lo largo del día en función de la cantidad de luz, temperatura y disponibilidad del agua en las hojas. La transpiración y la intensidad de la respiración en las plantas es directamente proporcional al número y abertura de los estomas, variables que influyen directamente en la regulación del intercambio gaseoso y en la tasa fotosintética de las plantas (Prado et al., 2021).

4.10. Anatomía de la hoja del café

4.10.1. Estomas

La superficie epidérmica foliar presenta un gran número de poros microscópicos llamados estomas. La apertura de dichos poros se controla a través de los cambios en el tamaño y la forma de dos células especializadas, llamadas células oclusivas, que flanquean la apertura estomática y poseen una estructura característica que les permite regular la apertura del poro estomático. Estas estructuras se encuentran en todas las partes aéreas de la planta, pero son más abundantes en las hojas, dado que la epidermis y la cutícula de los órganos aéreos forman una capa continua y los estomas son las discontinuidades por donde la planta realiza la mayor parte del intercambio de O₂, CO₂, vapor de agua y otros gases (Álvarez y Reynaldo, 2015).

La transpiración es la función mediante la cual la planta elimina por los estomas el exceso de agua absorbida por el sistema radical. Tiene un papel importante en la absorción de agua y nutrimentos, y es un mecanismo de refrigeración de la planta (Arcila et al., 2007).

4.10.2. Estructura anatómica de la hoja

La anatomía foliar del cafeto en relación con el nivel de exposición solar al que se cultiva ha sido objeto de estudio de numerosos investigadores. El número de estomas decrece linealmente con los niveles de luz en todos los cultivares, en 20 y 40% en las plantas cultivadas a 50 y 30% de luz solar total respectivamente, mientras que las dimensiones de los estomas (largo y ancho) no son afectados por los niveles de luz. El grosor del parénquima en empalizada y esponjoso aumenta con el incremento del nivel de radiación solar; las plantas cultivadas a 50 y 30 % de luz solar, muestran reducción del grosor total de la hoja de 6,5 y 13% respectivamente (Encalada et al., 2016).

El café tiene la capacidad de aclimatarse a niveles contrastantes de luz. No obstante, las modificaciones estructurales de la hoja, inducidas por las altas radiaciones solares, no serían de relevancia fisiológica a menos que la tasa de fotosíntesis neta incremente conforme a estos cambios; una respuesta que no ocurre en plantas obligatorias de sombra (Rodríguez et al., 2016).

4.11. Antecedentes

En base a la importancia del rubro las investigaciones científicas desarrolladas en su mayoría a nivel internacional, parten de la caracterización de variedades y especies para el

mejoramiento del rubro, algunas organizaciones como IHCAFÉ y el CATIE, han generado un sin número de investigaciones referentes al rubro, sin embargo, en el país, hasta el momento, el desarrollo de estas investigaciones ha aumentado lentamente.

Cárdenas (2007), realizó una investigación en el CATIE basada en la “Caracterización morfológica y agronómica de la colección núcleo de café (*Coffea arabica* L.) del CATIE”, para conocer la estructura fenotípica de la colección y la variabilidad de las características de interés agronómico presentes en las accesiones. En la caracterización agromorfológica de las 73 accesiones evaluadas se encontraron que existen tres grupos fenotípicos diferentes para los 23 descriptores evaluados, resultando más discriminantes las características morfológicas.

Tumbaco et al. (2022), menciona que se desarrollaron diferentes tipos de cafetos, con características genéticas diversas: porte y forma de planta, tamaño y color de fruto, resistencia a enfermedades, tolerancia a plagas, sabor de bebida, adaptabilidad, productividad, entre otras. Estas variedades son Típica y Bourbon, quienes han dado origen a otras por medio de mutaciones naturales o por cruzamientos espontáneos e inducidos, como el Caturra, Mundo Novo, Catuai, Pache, Villa Sarchí, Pacas, Maragogipe, etc.

5. Materiales y métodos

5.1. Localización general del estudio.

5.1.1. Ubicación geográfica.

El presente estudio se llevó a cabo en la finca Agro Loja perteneciente a la parroquia de Malacatos (Figura 1), del cantón Loja provincia de Loja; se encuentra delimitada al norte por el cantón Loja, al sur por la parroquia de Vilcabamba, al este por la provincia de Zamora y al oeste con el cantón Catamayo, presenta una altitud que varía entre 1500 - 1850 msnm, con 28 hectáreas ,de las cuales el 50 % se dedica al cultivo de café y presenta las siguientes coordenadas: Longitud: 79° 15' 30'' Oeste y Latitud: 4° 13' 9'' Sur.

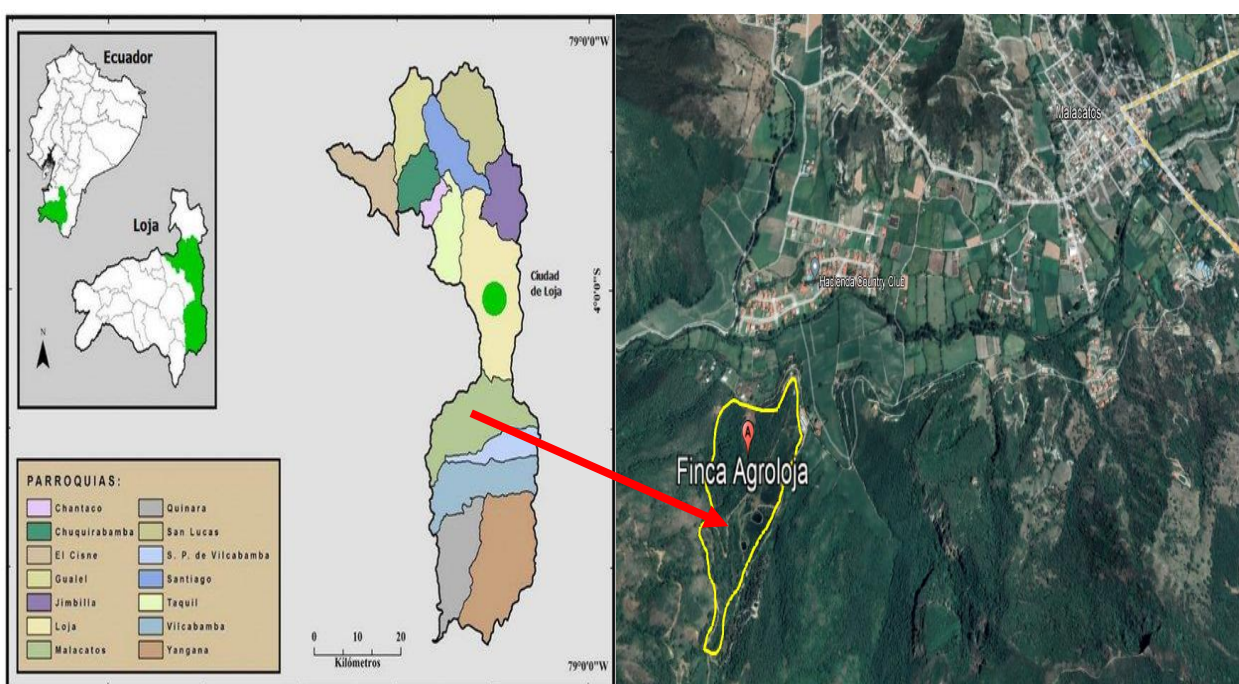


Figura 1. Finca Agro Loja

5.1.2. Condiciones del lugar

Tabla 2. Condiciones de la finca Agro Loja

Temperatura anual	19,9 ° C
Precipitación anual	669,1 mm
ETP	894,3 mm

Los suelos predominantes en la finca corresponden a dos órdenes: inceptisol (más del 50 %) y entisol (aproximadamente el 30 %) y con características de un Bosque seco montano bajo (bs-MB).

5.2. Metodología

La investigación fue de tipo no experimental, debido a que no se aplicó ningún diseño experimental, presentó un enfoque cualitativo y cuantitativo, ya que se obtuvo mediciones para caracterizar y diferenciar las dos variedades de café, y de acuerdo a las características de este estudio, la presente investigación muestra un alcance descriptivo para demostrar cómo se diferencian las características morfológicas, fisiológicas y anatómicas.

5.2.1. Muestreo

La investigación se realizó en un área ya establecida con más de 3000 plantas de café, con dos variedades: Typica y Bourbon, las mismas que tienen una edad de 5 años. Se aplicó un muestreo poblacional aleatorio con 10 unidades experimentales de cada variedad, en el cual se realizaron cuatro mediciones.

5.3. Metodología para el primero objetivo

“Describir la caracterización Morfológica en dos cultivares de café en la finca Agro Loja”

➤ **Diámetro del tallo**

El diámetro del tallo se registró en un punto inmediatamente inferior a la inserción de la primera rama a 30 cm del suelo, utilizando el calibrador de vernier expresando su resultado en milímetros.

➤ **Número de ramas por planta**

Se contó directamente el número de ramas del tercio medio presentes en 10 plantas de café.

➤ **Longitud de la rama**

Para obtener esta variable se midió desde el tallo hasta la parte apical de la rama con la ayuda de un flexómetro.

➤ **Longitud de la hoja**

Para la medición de la longitud de la hoja se utilizó un medidor vernier digital y se midió en centímetros desde el peciolo hasta el ápice de la hoja; se lo expresó como el promedio de las mediciones.

➤ **Ancho de la hoja**

Se midió en centímetros las hojas en el punto más ancho, y luego el valor del ancho de la hoja por planta se expresó como el promedio.

➤ **Número de hojas por planta**

Se contó el número total de hojas existentes en toda la planta tomando como referencia las hojas por rama.

➤ **Color de la hoja joven**

Se seleccionaron cinco puntos apicales al azar de cinco hojas diferentes, donde se describió el color de las hojas más jóvenes utilizando el colorímetro (Anexo 6). El color de las hojas jóvenes se clasificó utilizando códigos del 1-5, donde (1) verduzca, (2) verde, (3) amarronada, (4) marrón rojiza y (5) bronce (Cárdenas, 2007).

➤ **Longitud de entre nudos**

Se midió con un flexómetro la longitud de entrenudos de cada una de las ramas en cm (Anexo 3).

➤ **Ángulo del ápice de la hoja**

Se midió con un graduador, formando un vértice en el ápice de la hoja, proyectado a una distancia de tres centímetros de uno de los lados (Anexo 5).

➤ **Ángulo de inserción de las ramas del eje central**

Se midió aleatoriamente cinco ramas de la planta, en el tallo dominante central y con un graduador se midieron los valores del ángulo en grados sexagesimales entre el tallo y las ramas (Anexo 4). El ángulo de inserción por planta se expresó como la media aritmética de las 5 medidas.

➤ **Número de fruto por rama**

Para la evaluación de los frutos por árbol se cosecharon todas las cerezas que se encontraron en la rama y para la recolección de frutos en campo se utilizó bolsas plásticas debidamente marcadas con cada variedad y número de planta (Anexo 7).

➤ **Longitud de la arista de la estípula**

Se midió en cinco aristas aleatoriamente que se encontraban en buen desarrollo de las ramas del tercio medio en mm con el calibrador digital de vernier y el valor de

la longitud de la arista de la estípula se expresó como el promedio de las 5 mediciones (Cárdenas, 2007).

➤ **Longitud del peciolo foliar**

Se midió la distancia desde la base del peciolo hasta la inserción con la lámina foliar de 5 hojas maduras bien formadas en mm con el calibrador de vernier y este valor se expresó como el promedio de las 5 mediciones

5.4. Metodología para el segundo objetivo

“Caracterizar Fisiológicamente dos cultivares de café en la finca Agro Loja”.

Se tomaron 5 hojas de cada planta para las características fisiológicas.

➤ **Clorofila**

Para determinar el contenido de clorofila (unidades SPAD), en hojas ubicadas en el tercio medio de la planta, se utilizó un medidor de clorofila SPAD-502 Plus, marca Minolta, modelo estándar; el mismo calcula un valor numérico, que es proporcional a la cantidad de la clorofila en la hoja (Encalada et al., 2016).

➤ **Densidad estomática**

La densidad estomática (número de estomas por 1 mm^2), se determinó mediante un muestreo, en el que se tomó el tercer par de hojas por cada variedad, para muestrear siempre en la zona central del lado abaxial de la lámina y a ambos lados de la nervadura principal de hojas, en este lugar se aplicó una capa de esmalte de uñas incoloro, diluido en acetona en proporción 1:1 (v/v). De cada aplicación se obtuvo una lámina grabada que se colocó sobre una gota de agua destilada en el portaobjeto para su observación (Encalada et al., 2016).

La información se la obtuvo con la ayuda de un microscopio Olympus BX41 con aumento de 10 X, las imágenes se capturaron con el programa Anfinity Analyze Release 5.0.(Encalada et al., 2016) (Anexo 13).

➤ **Índice estomático**

La determinación del índice estomático (IE) se realizó sobre las microfotografías tomadas al microscopio y se empleó el Programa Morfométrico ImageJ. Para el conteo de estomas y células epidérmicas se consideró el número de estomas cuando las dos células oclusivas estaban presentes y las células epidérmicas,

cuando tenía más del 60 % en el área muestreada. Se calculó utilizando la fórmula siguiente:

$$IE = [E / (E + CE)] \times 100.$$

donde:

E: número de estomas.

CE: número de células epidérmicas (Bello y Escobar, 2015).

5.5. Metodología para el tercer objetivo

“Analizar las Características Anatómica en dos cultivares de café en la finca Agro Loja”.

➤ **Estructura anatómica de las hojas**

Las muestras de la variedad en estudio se las colocó de acuerdo a los procedimientos de colecta de tejido foliar garantizándose que todo el material presentara buen estado fitosanitario.

Las características anatómicas de las hojas se determinaron con la toma de muestra del tercer par de hojas de las ramas que se encuentran en el tercio medio de la planta de café y se tomaron muestras foliares de 5 x 2 cm, siempre de la zona central del foliolo y a ambos lados de la nervadura principal, las cuales se las colocaron en tubos Eppendorf para su fijación en una solución de formaldehído acético al 4 % al menos 24 horas (Encalada et al., 2016).

Se realizó un corte trasversal de la hoja con el micrótopo de mano a 2 μ m, ya obtenidas las muestras se les añade agua destilada para posteriormente ser colocadas en un portaobjeto; luego se colocó 2 gotas de glicerina líquida, se midió el grosor de la epidermis adaxial, abaxial, el parénquima empalizada y el parénquima esponjoso. Esta información se la obtuvo con la ayuda de un microscopio Olympus BX41 con aumento de 10 X, 20 X y 40 X las imágenes se capturaron con el programa Anfinity Analyze Release 5.0. (Fejoo et al., 2019) (Anexo 11).

➤ **Estructura anatómica de los estomas**

Se midió el largo y ancho de los estomas, tanto en la parte externa como interna y luego el valor se expresó como el promedio en micras. Esta información se la obtuvo con la ayuda de un microscopio Olympus BX41 con aumento de 10 X, 20

X y 40 X las imágenes se capturaron con el programa Anfinity Analyze Release 5.0. (Feijoo et al., 2019). (Anexo 14).

➤ **Estructura anatómica de los vasos conductores**

Se recolectaron ramas de café y se realizó muestras de 2 cm de longitud para posteriormente ponerles parafina, se calibra el micrótopo y se realizó cortes transversales de 1 μm los cuales tienen que ser completos para evitar que la corteza se desprenda, las muestras obtenidas se las colocó uno 5 minutos en agua destilada, luego se fijó la muestra y se coloca una gota de tinte de safranina/astrablue durante 5 minutos para posteriormente realizar lavados con agua destilada, alcohol al 50, 75 y 96 %.

Una vez que se obtuvo las muestras se realizan 15 mediciones de 5 muestras para obtener un promedio del diámetro de los vasos y se realizó un conteo de vasos x 1 mm^2 . Esta información se la obtuvo con la ayuda de un microscopio Olympus BX41 con aumento de 10 X, 20 X y 40 X las imágenes se capturaron con el programa Anfinity Analyze Release 5.0. (Feijoo et al., 2019) (Anexo 10 y 16).

6. Resultados

6.1. Caracterización Morfológica de los dos cultivares de café arabica Typica y Bourbon

Se realizó cuatro mediciones durante la fecha 1 (0 días), fecha 2 (45 días), fecha 3 (90 días) y fecha 4 (135 días).

➤ Diámetro del tallo

En la figura 2 a los 135 días, el diámetro del tallo de las plantas de café presentó para la variedad bourbon un promedio de 60,77 mm siendo este el que presentó mayor tendencia de crecimiento, mientras que la variedad typica un promedio de 59,78 mm.

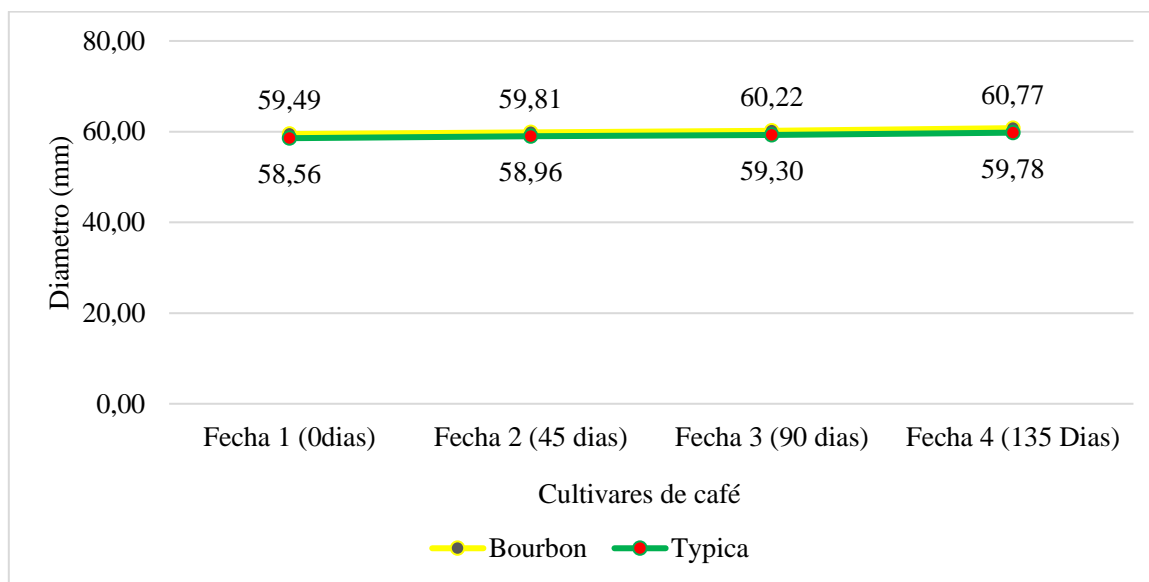


Figura 2. Diámetro (mm) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.

➤ Número de ramas por planta

En la figura 3 a los 135 días, el número de ramas por planta de café presentó para la variedad bourbon un promedio de 82 ramas por planta y la variedad typica un promedio de 92 ramas por planta.

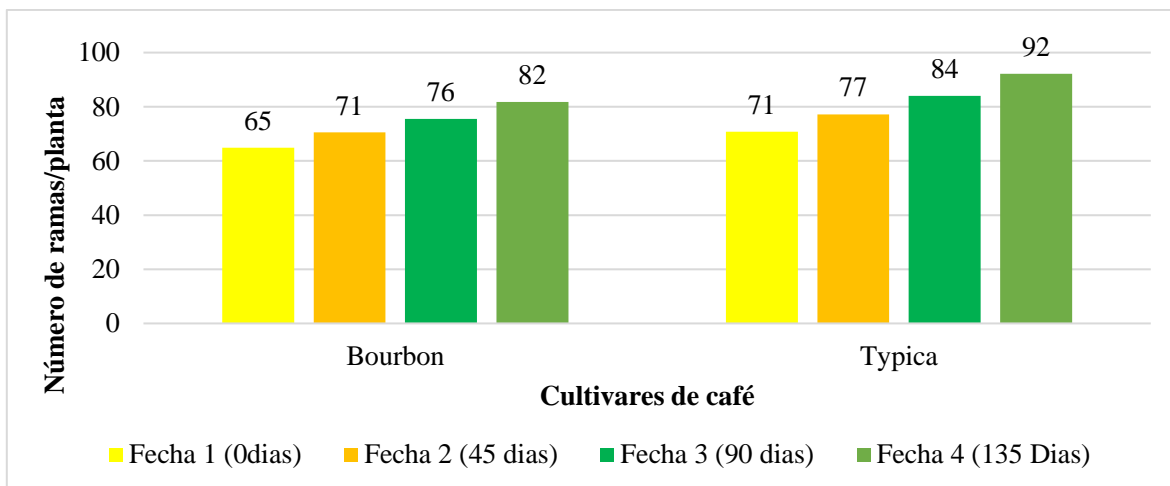


Figura 3. Número de ramas por planta de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.

➤ **Longitud de la rama**

En la figura 4 a los 135 días, la longitud de ramas del tercio medio de las plantas de café presentó para la variedad bourbon un promedio de 101,10 cm de longitud y la variedad typica un promedio de 99,50 cm de longitud.

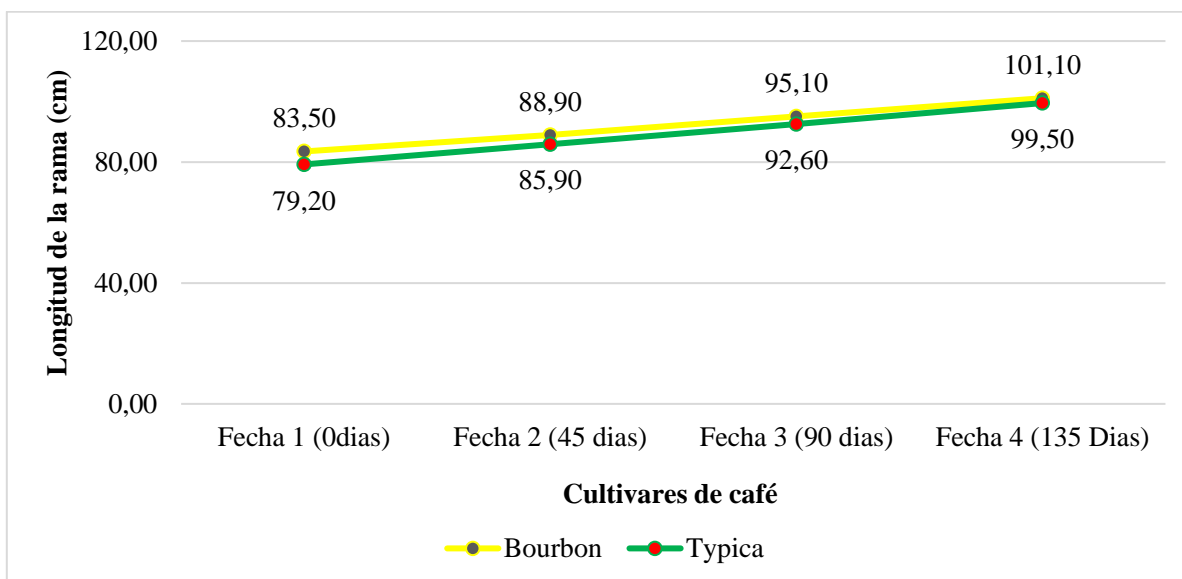


Figura 4. Longitud de la rama (cm) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.

➤ **Longitud de la hoja**

En la figura 5 a los 135 días, la longitud de las hojas de las plantas de café presentó para la variedad bourbon un promedio de 15,69 cm de longitud y la variedad typica un promedio de 13,30 cm de longitud.

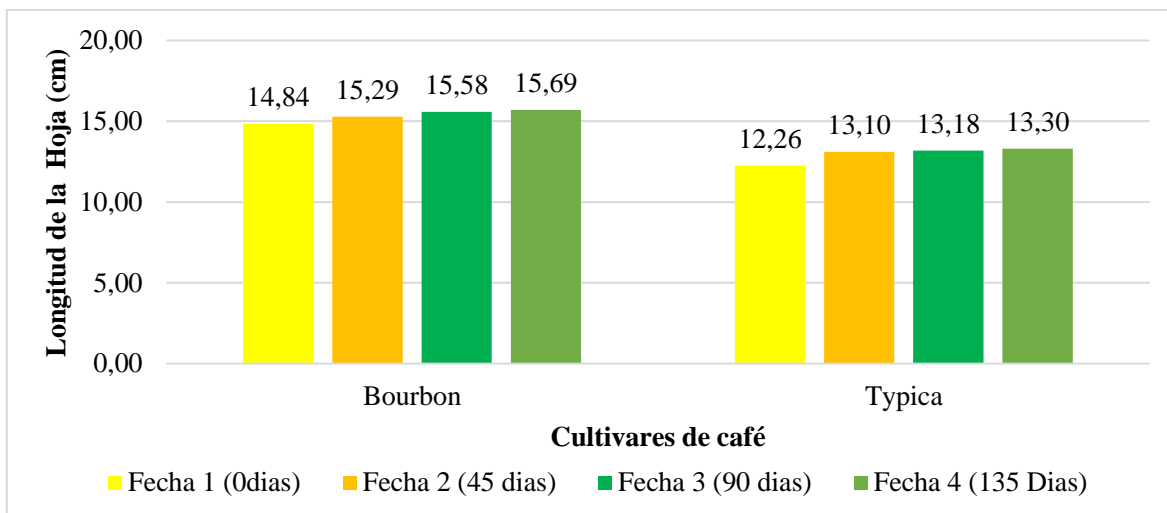


Figura 5. Longitud de la hoja (m) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.

➤ **Ancho de la hoja**

En la figura 6 a los 135 días, el ancho de las hojas de las plantas de café presentó para la variedad bourbon un promedio de 7,52 cm de ancho y la variedad typica un promedio de 6,72 cm de ancho.

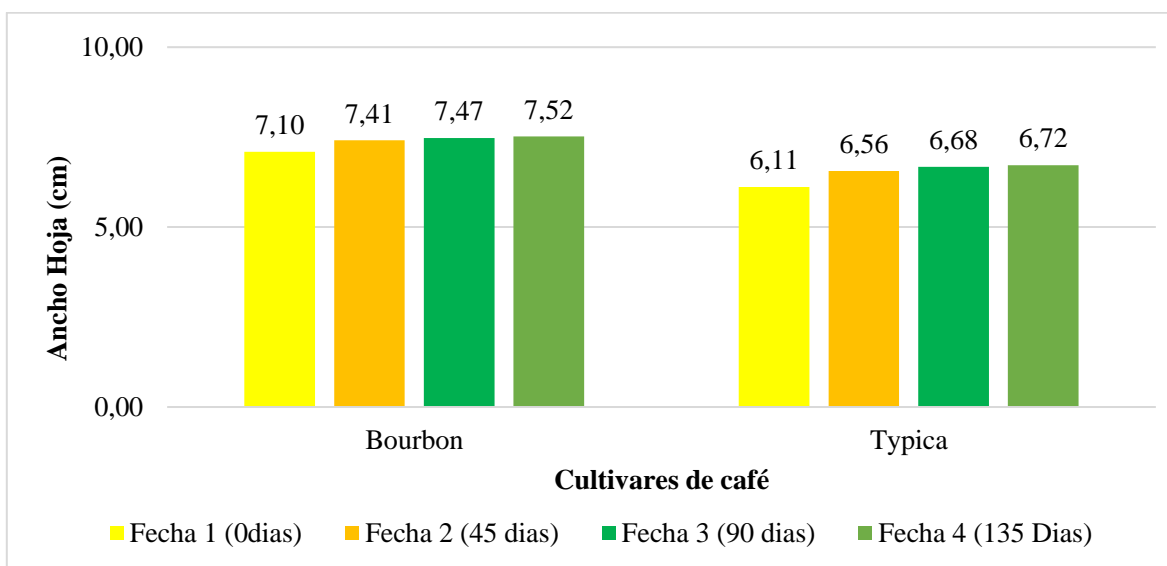


Figura 6 Ancho de la hoja (cm) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.

➤ **Longitud del peciolo foliar en hojas adultas**

En la figura 7 a los 135 días, el número de hojas de plantas de café presentó para la variedad bourbon un promedio de 9,47 mm de longitud y la variedad typica un promedio de 6,58 mm de longitud.

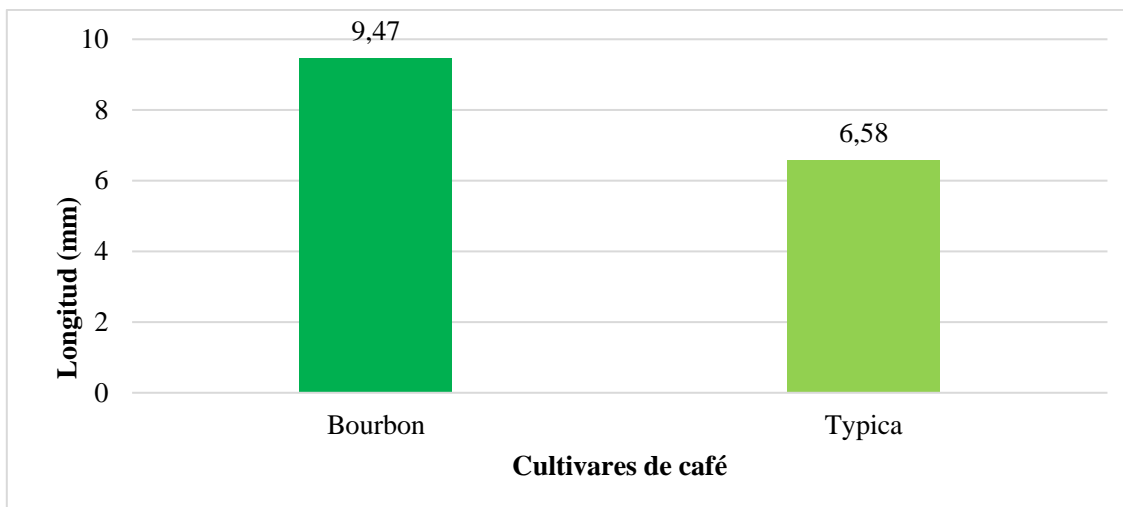


Figura 7. Longitud del peciolo foliar (mm) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.

➤ **Número de hojas por planta**

En la figura 8 a los 135 días, el número de hojas de plantas de café presentó para la variedad bourbon un promedio de 6 307 hojas por planta y la variedad typica un promedio de 6970 hojas por planta.

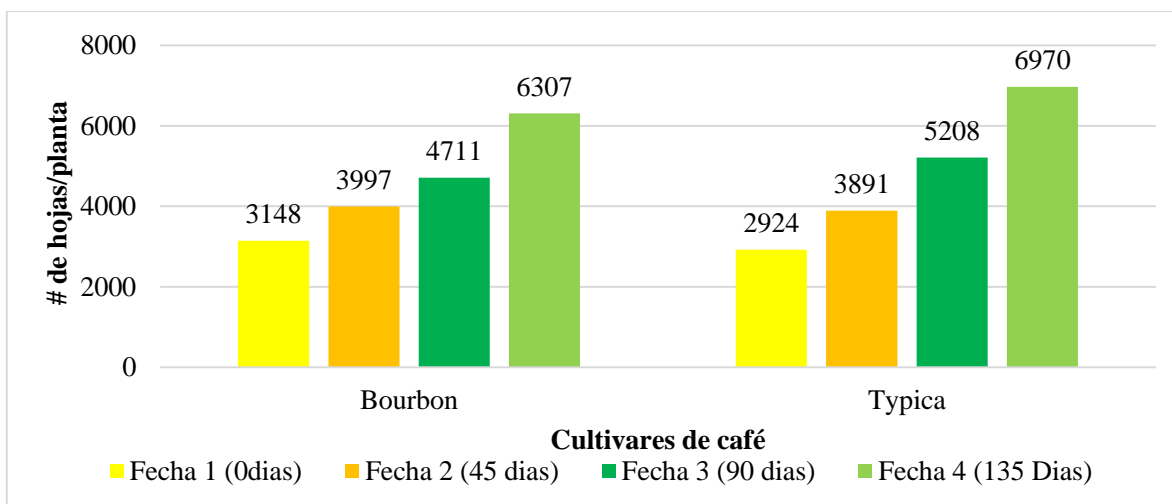


Figura 8. Número de hojas por plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.

➤ **Color de la hoja joven**

En la figura 9 a los 135 días, el color de hojas de plantas de café presentó para la variedad bourbon un promedio de 64 % de hojas color broce, 30 % de hojas de color verde y 6 % de hojas de color verde claro y la variedad typica 80 % de hojas color broce y 20 % de hojas de color verde.

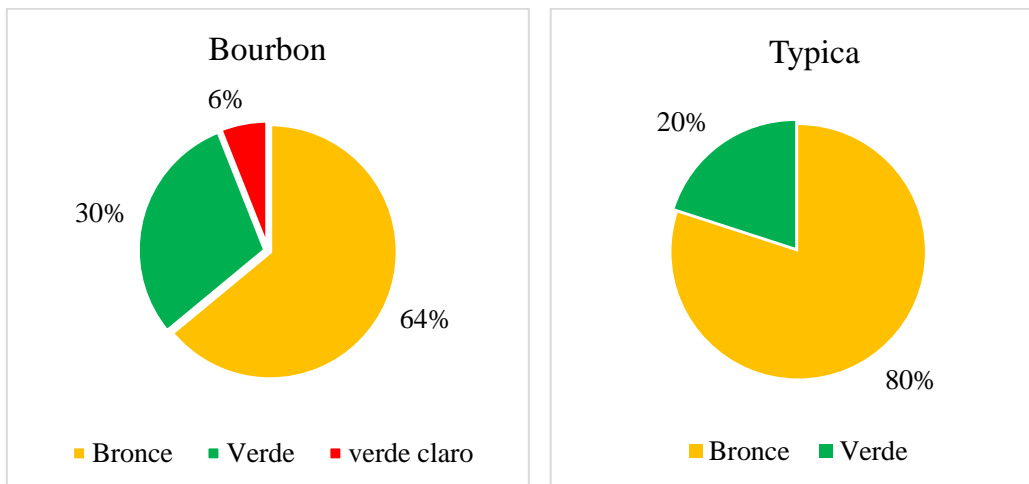


Figura 9. Color de la hoja joven de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.

➤ **Longitud de entre nudos**

En la figura 10 a los 135 días, la longitud de entrenudos de plantas de café presentó para la variedad bourbon un promedio de 8,35 cm de longitud y la variedad typica un promedio de 6,95 cm de longitud.

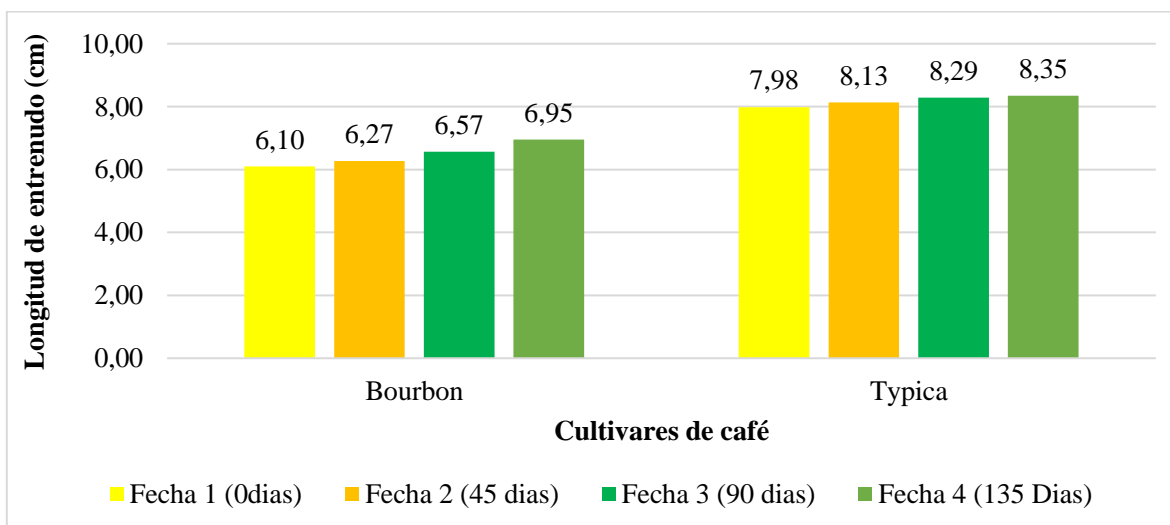


Figura 10. Longitud de entrenudos (cm) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.

➤ **Ángulo del ápice de la hoja**

En la figura 11 a los 135 días, el ángulo del ápice de hojas de plantas de café presentó para la variedad bourbon un promedio de 68,00 ° grados y la variedad typica un promedio de 70,18 ° grados.

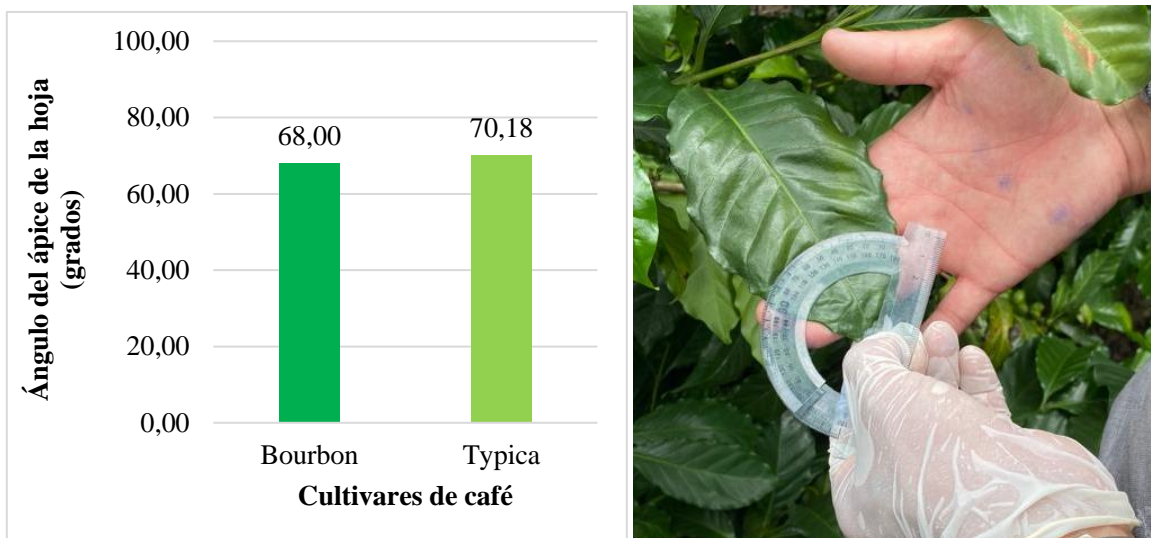


Figura 11. A. promedio de ángulo del ápice de la hoja de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido. B. medición del ángulo de la hoja.

➤ **Ángulo de inserción de las ramas del eje central**

En la figura 12 a los 135 días, el ángulo de inserción de las ramas del eje central de plantas de café presentó para la variedad bourbon un promedio de 66,05 ° grados y la variedad typica un promedio de 75,43 ° grados.

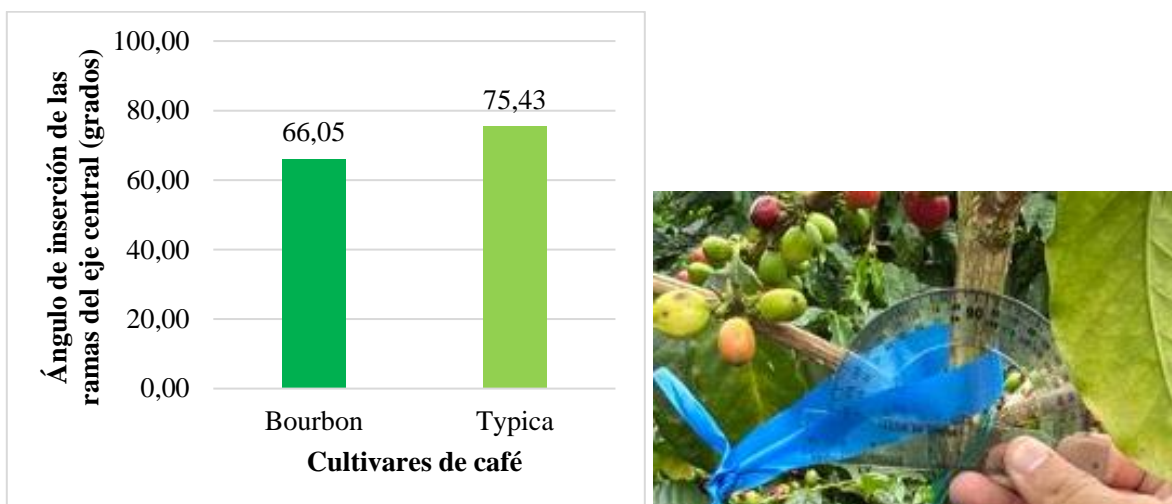


Figura 12. A. promedio de ángulo de inserción de las ramas del eje central de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido en producción. B. medición del ángulo de la rama central.

➤ **Número de fruto por rama**

En la figura 13 a los 135 días, el número de frutos por rama de plantas de café presentó para la variedad bourbon un promedio de 214 frutos por rama para la fecha 1 (0 días) y 155

frutos por rama para la fecha 2 (90 días), mientras que la variedad typica un promedio de 176 granos por rama para la fecha 1 (0 días) y 112 frutos por rama para la fecha 2 (90 días).

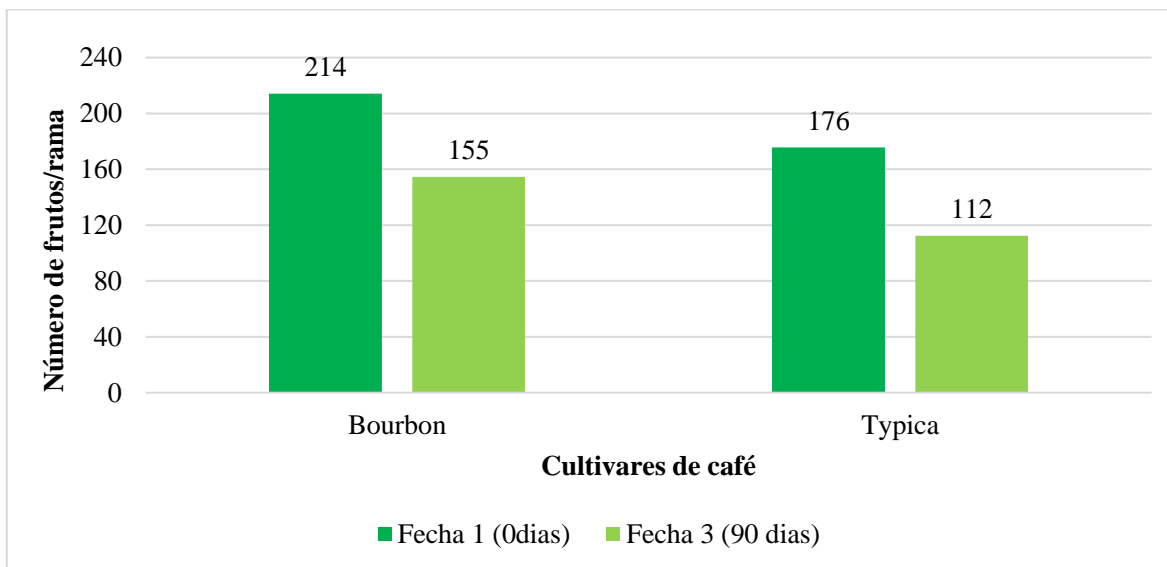


Figura 13. Número de frutos por rama de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.

➤ **Longitud de la arista de la estípula**

En la figura 14 a los 135 días, la longitud de las aristas de la estípula de las hojas de plantas de café presentó para la variedad bourbon un promedio de 13,24 cm de longitud y la variedad typica un promedio de 12,74 cm de longitud.

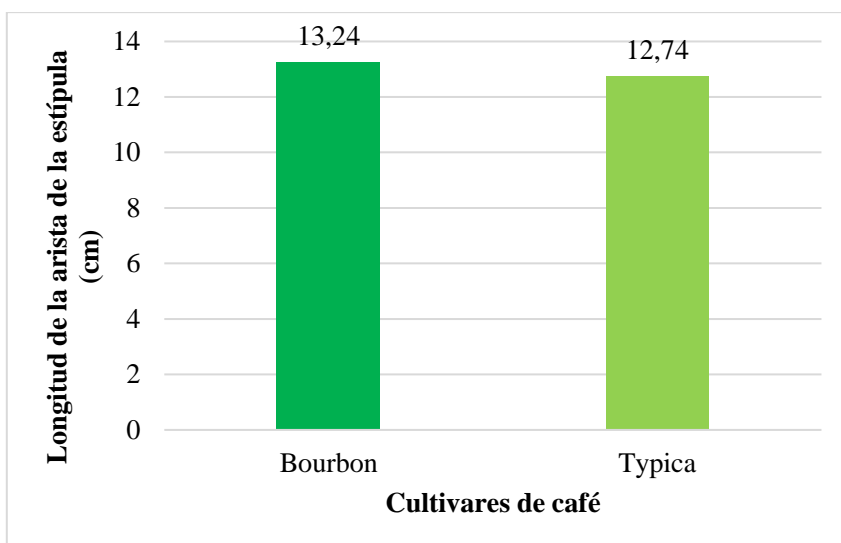


Figura 14. Longitud de la arista de la estípula (cm) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.

6.2. Caracterización Fisiológica de los dos cultivares de café arabica Typica y Bourbon

➤ Clorofila

En la figura 15 a los 135 días, el contenido de clorofila de las hojas de plantas de café presentó para la variedad bourbon un promedio de 70,64 unidades SPAD para la fecha 1 (0 días) y 69,51 unidades SPAD para la fecha 2 (90 días), mientras que la variedad typica un promedio de 62,78 unidades SPAD para la fecha 1 (0 días) y 66,14 unidades SPAD para la fecha 2 (90 días).

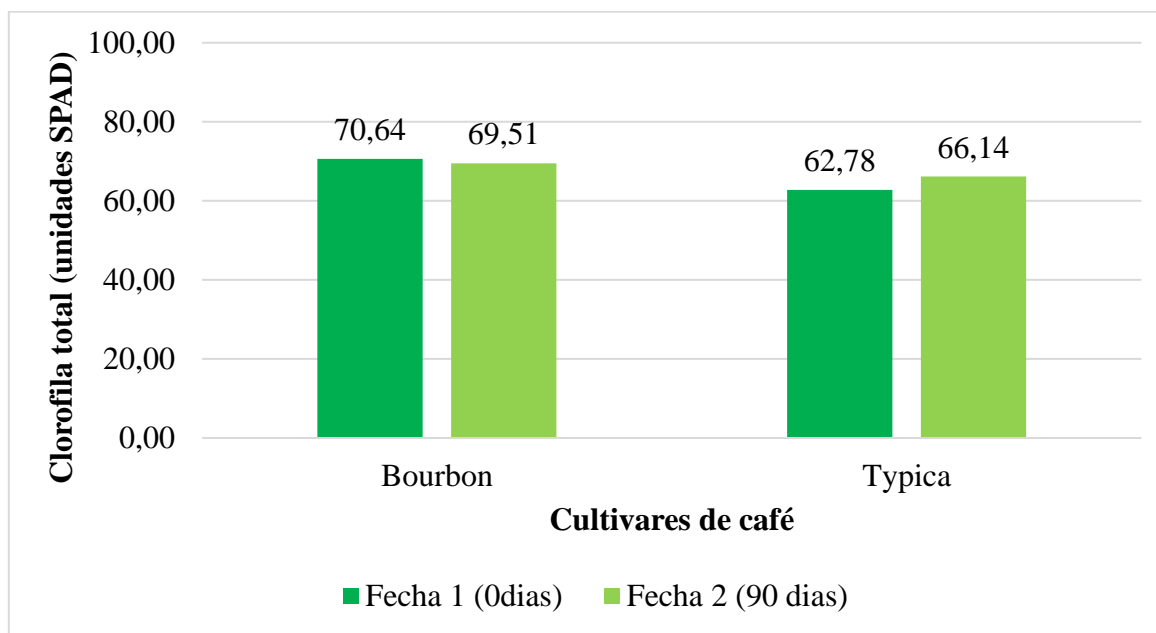


Figura 15. Contenido de clorofila total (Unidades SPAD) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.

➤ Densidad estomática

En la figura 16 a los 135 días, la densidad estomática de las hojas de plantas de café presentó para la variedad bourbon un promedio de 121 estomas por 1mm^2 y la variedad typica un promedio de 101 estomas por 1mm^2 .

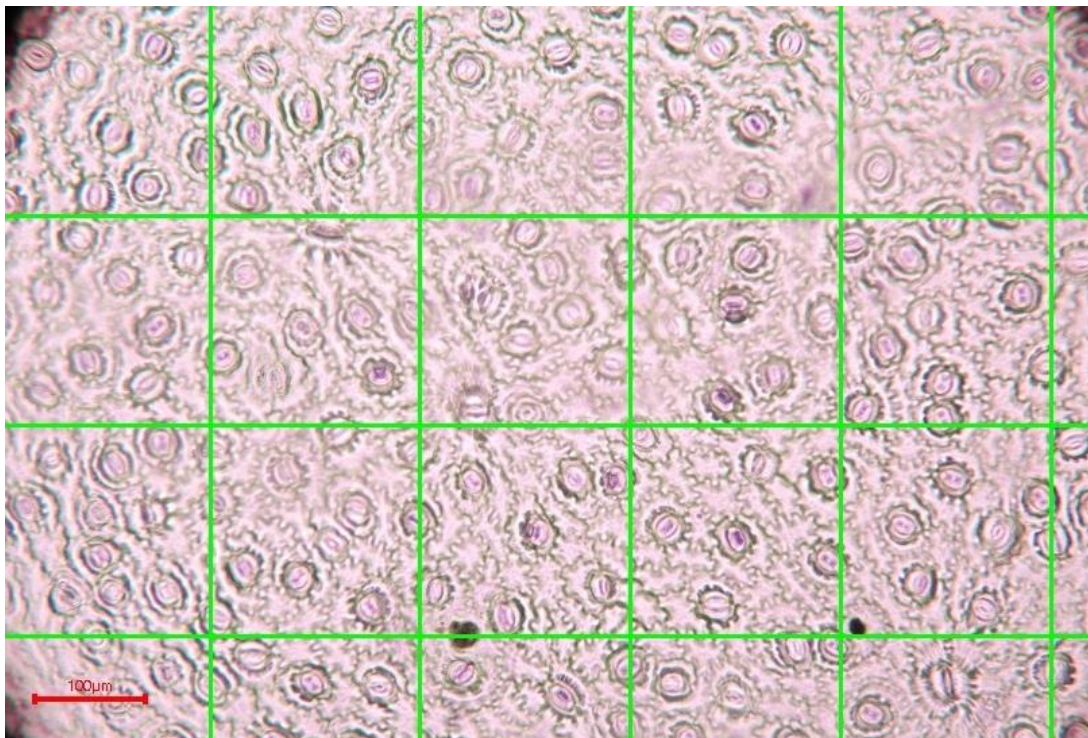
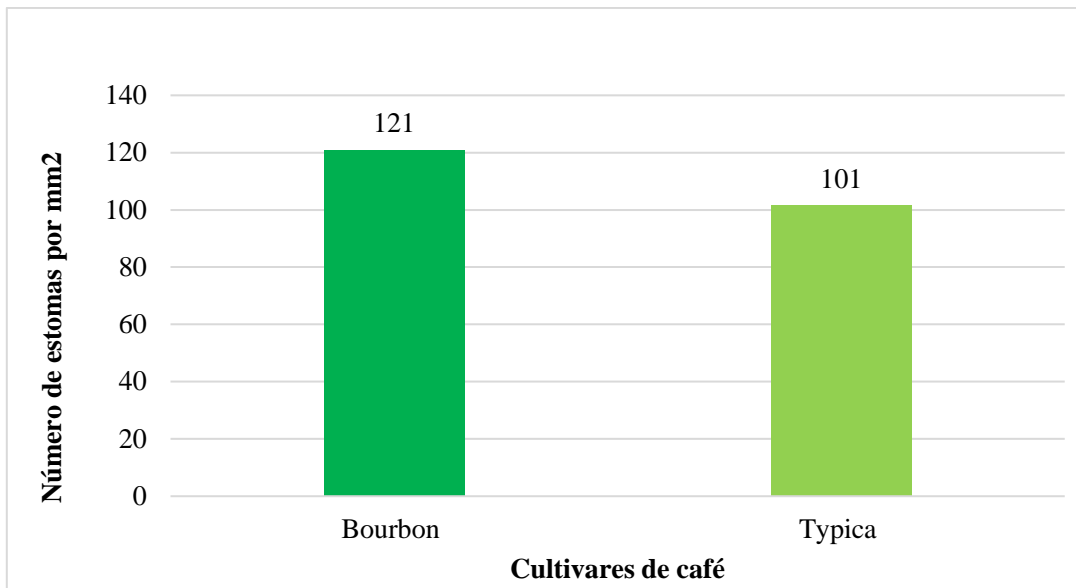


Figura 16. A. Número de estomas ($x \text{ mm}^2$) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido. B. cuantificación de estomas de la variedad Bourbon por cuadrante (lente 20x).

➤ **Número de células epidérmicas típicas**

En la figura 17 a los 135 días, de células de las hojas de plantas de café presentó para la variedad bourbon un promedio de 395 células epidérmicas típicas por 1 mm^2 y la variedad typica un promedio de 327 células por 1 mm^2 .

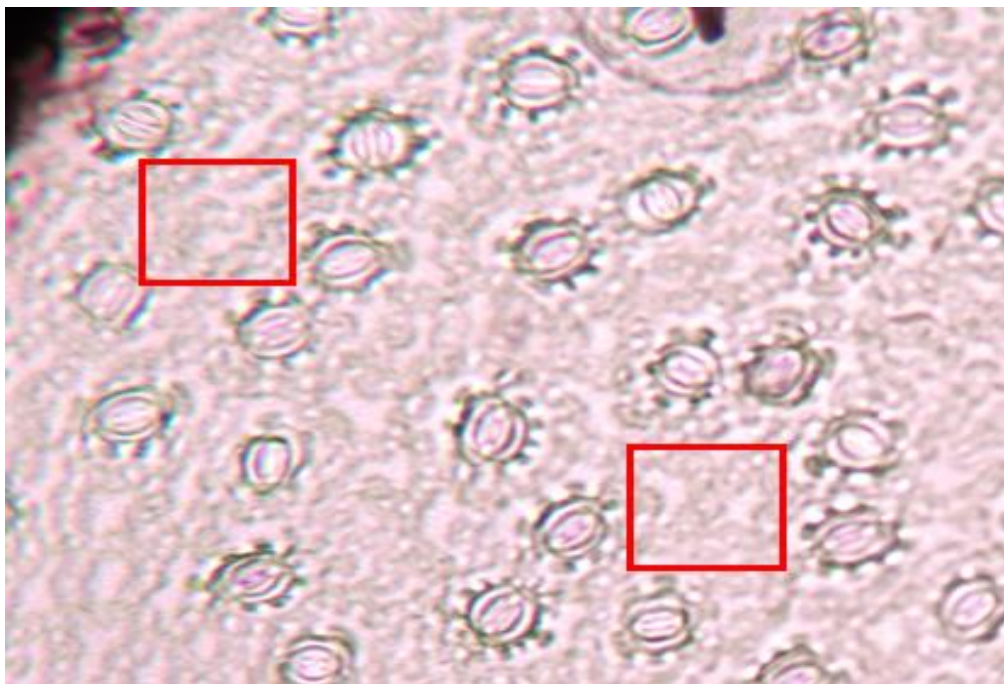
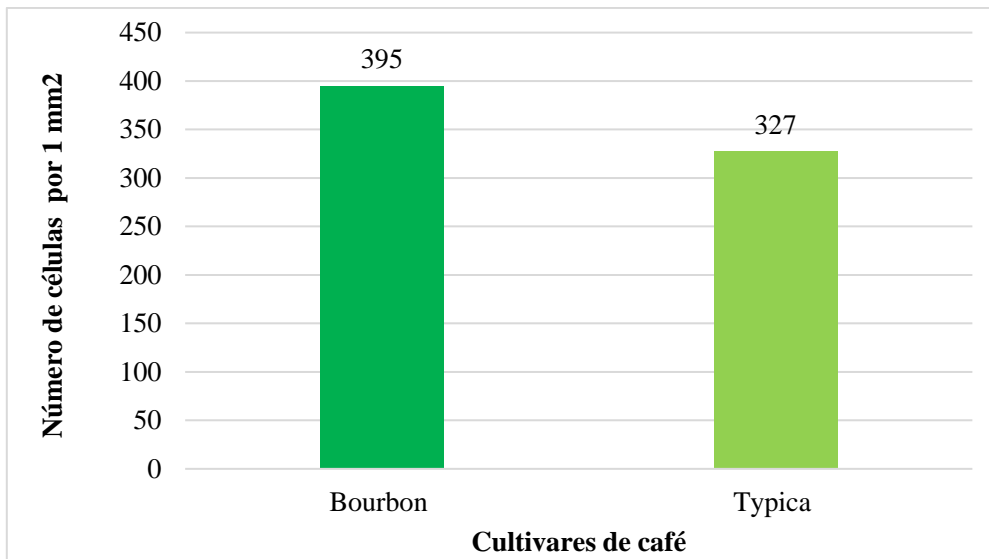


Figura 17. A. Número de células epidérmicas típicas ($x \text{ mm}^2$) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido. B. cuantificación de células epidérmicas por mm^2 (lente 20x)

➤ **Índice estomático**

En la figura 18 a los 135 días, el índice estomático de las hojas de plantas de café presentó para la variedad bourbon un promedio de 23 de índice estomático por 1 mm^2 y la variedad typica un promedio de 24 índice estomático por 1 mm^2 .

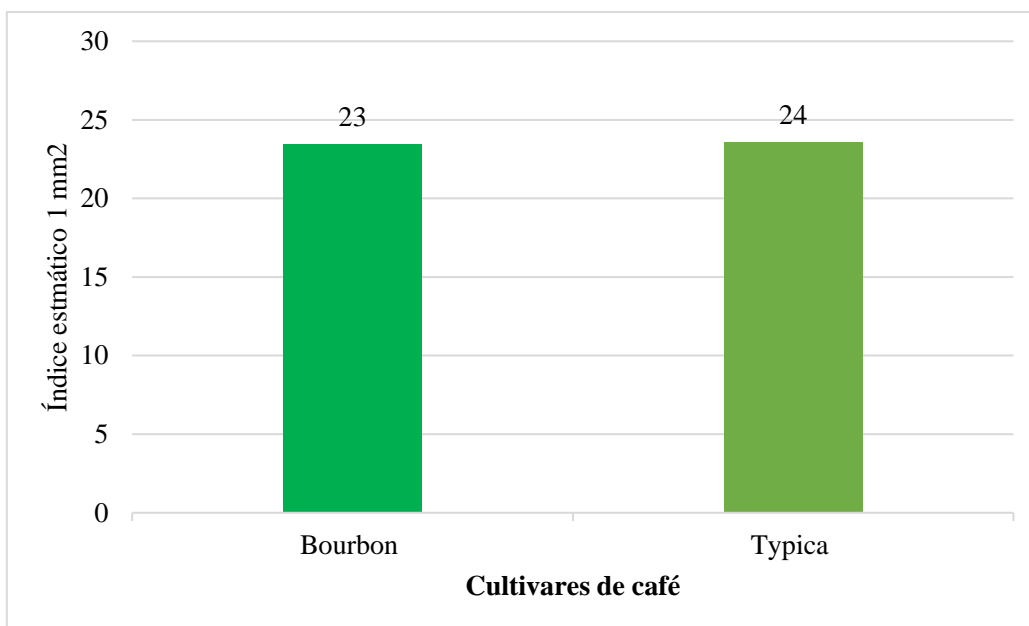


Figura 18. Índice estomático ($x \text{ mm}^2$) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.

6.3. Caracterización Anatómica de los dos cultivares de café arabica Typica y Bourbon

➤ Estructura anatómica de las hojas

En la tabla 3 a los 135 días, la anatomía de las hojas de plantas de café presentó para la variedad bourbon un promedio de 26,52 μm de tejido adaxial, 36,99 μm del parénquima empalizada, 118,54 μm de parénquima esponjoso y 20,69 μm de tejido abaxial; mientras que la variedad typica un promedio de 33,03 μm de tejido adaxial, 108,88 μm del parénquima empalizada, 211,17 μm de parénquima esponjoso y 20,66 μm de tejido abaxial.

Tabla 3. Partes de la estructura anatómica de la hoja de café.

Cultivar	Tejido Adaxial (μm)	Parénquima Empalizada (μm)	Parénquima Esponjoso (μm)	Tejido Abaxial (μm)
Bourbon	26,52	36,99	118,54	20,69
Typica	33,03	108,88	211,17	20,66

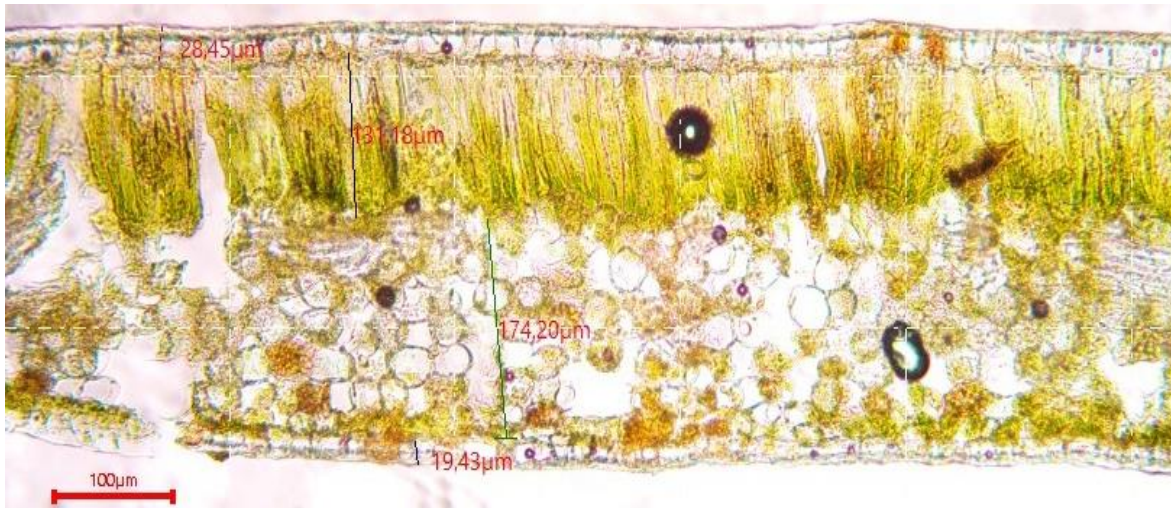


Figura 19. *Medición de las partes de la hoja de café y corte transversal de la hoja variedad Typica lente (20x).*

➤ **Estructura anatómica de los estomas**

En la figura 20 a los 135 días, la anatomía de los estomas hojas de plantas de café presentó para la variedad bourbon un promedio de 24,75 µm de longitud en la parte externa del estoma, 14,53 µm de ancho en la parte externa del estoma, 14,51 µm de longitud en la parte interna del estoma y 5,88 µm de ancho en la parte interna del estoma; mientras que la variedad typica un promedio de 24,55 µm de longitud en la parte externa del estoma, 14,27 µm de ancho en la parte externa del estoma, 15,00 µm de longitud en la parte interna del estoma y 5,60 µm de ancho en la parte interna del estoma.

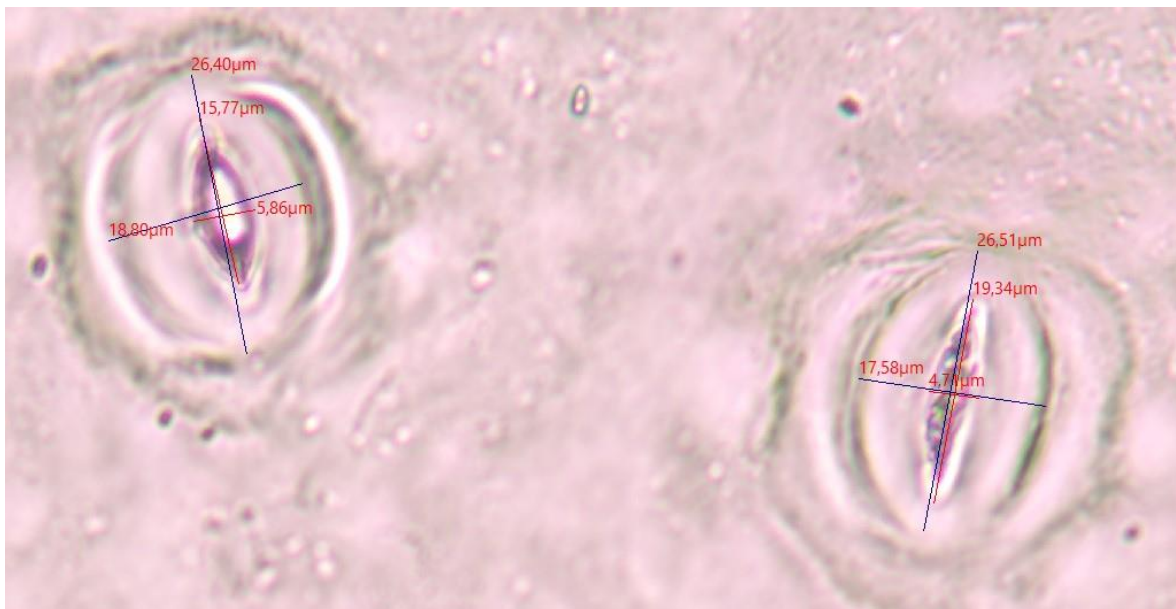
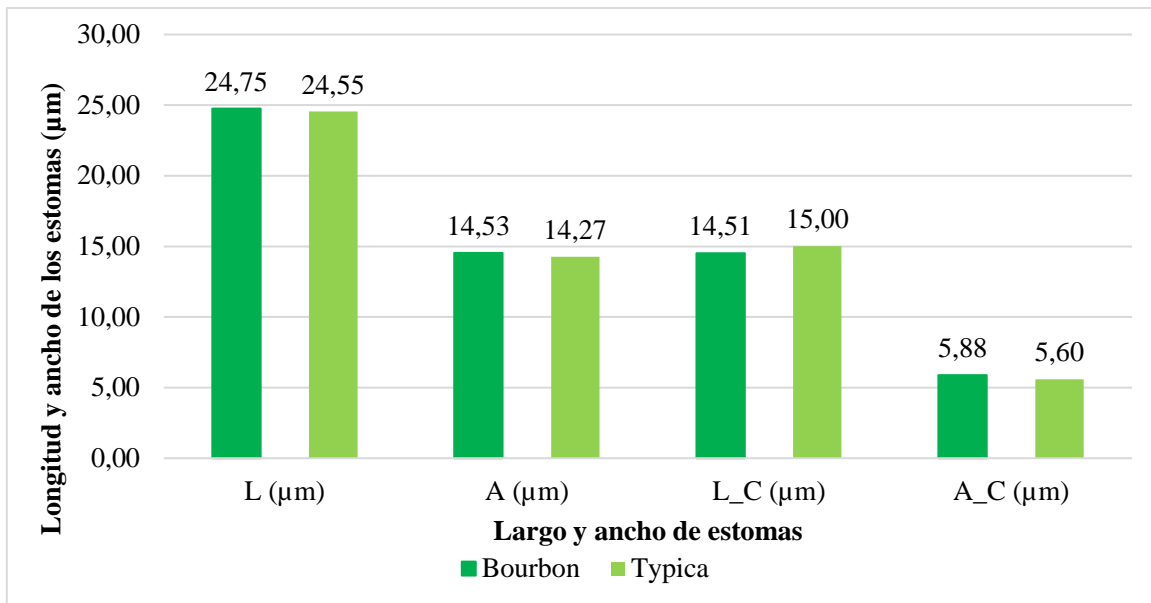


Figura 20. A. Longitud y ancho de los estomas parte externa ($L \mu\text{m}$ y $A \mu\text{m}$) y parte interna ($L_C \mu\text{m}$ y $A_C \mu\text{m}$) de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido. B. medición de los estomas variedad Typica.

➤ Estructura anatómica de los vasos conductores

En la tabla 4 a los 135 días, la anatomía de las ramas de un corte transversal de plantas de café presentó para la variedad bourbon un promedio de 129 vasos por mm^2 y de $42,99 \mu\text{m}$ de diámetro; mientras que la variedad typica un promedio de 139 vasos por mm^2 y de $44,10 \mu\text{m}$ de diámetro de los vasos.

Tabla 4. *Número de vasos conductores.*

Cultivar	Promedio de número de vasos por mm ² (40x)	Promedio de diámetro de Vasos por mm ² (20x)
Bourbon	129,00	42,99
Typica	139,00	44,10

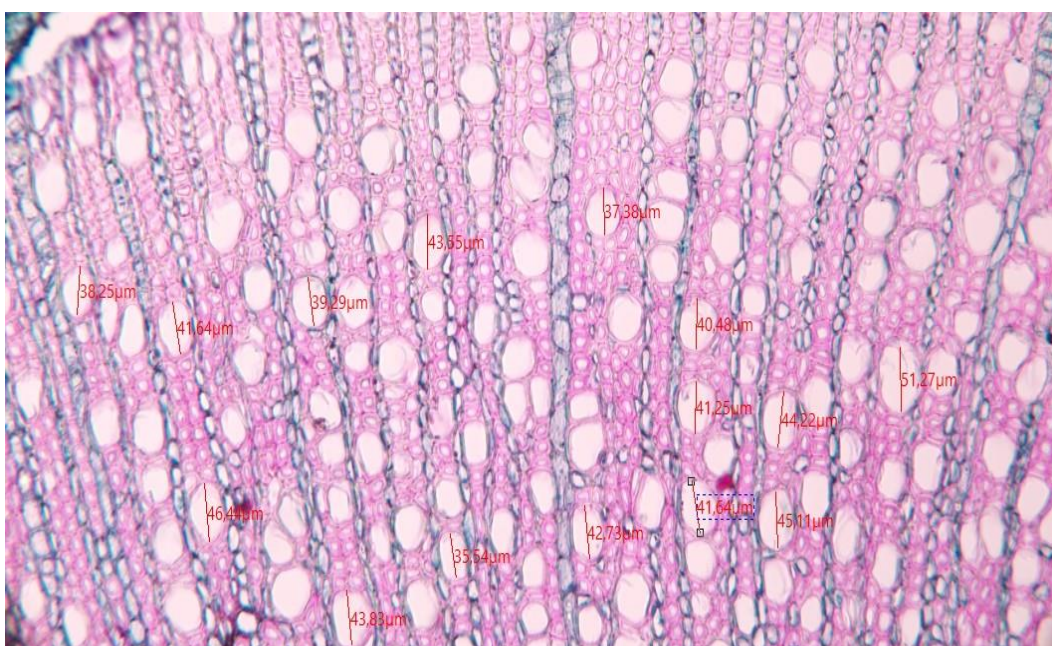
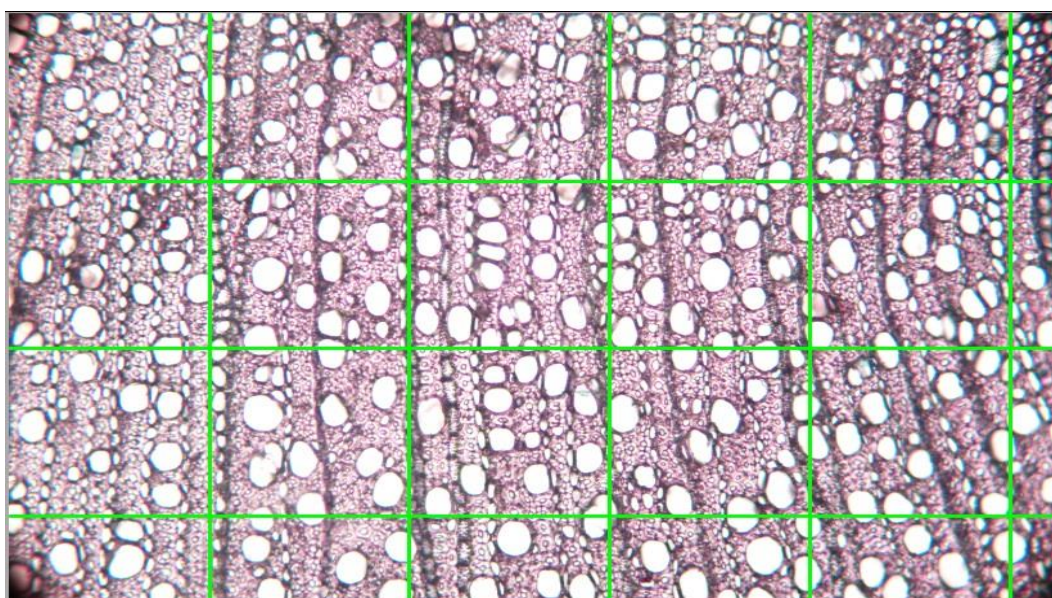


Figura 21. A. *Número de vasos (x mm²) en las ramas de las plantas de dos variedades de café en la finca Agro Loja en un cultivo ya establecido.* B. *Diámetro de vasos corte transversal y medición de número de vasos variedad bourbon.*

7. Discusión

7.1. Características Morfológicas

El diámetro del tallo no presentó diferencias para los dos cultivares; lo que concuerda con Arcila et al. (2007) que menciona que el comportamiento del cafeto está estrechamente relacionado con la disponibilidad de la radiación solar, lo que implicaría que la variedad no es determinable; de igual manera, Balladares y Calero (2005) aseguran que las plantas de café expuestas a pleno sol presentan un mayor diámetro del tallo; mientras que Zapata y Jiménez (2016) señalan que variedades de café sembradas en condiciones óptimas no presentan mucha diferencia, considerándolo al tallo como un índice de vigor de cada variedad.

En cuanto a las ramas el cultivar Bourbon presentó un promedio de 82 ramas y una longitud de 101,10 cm y el cultivar Typica un promedio de 92 ramas y una longitud de 99,50 cm, presentando un mayor valor, debido a que sus entrenudos son más largos formando un mayor número de ramas pero más cortas, Blanco et al. (2003) al presentar datos similares manifiesta que la longitud de la rama es una variable importante con un crecimiento constante pero solo se detiene al momento de la formación del fruto incidiendo de manera positiva los factores del lugar, mientras que Balladares y Calero (2005), Cosme et al., (2020) y Zapata y Jiménez (2016), mencionan que el número de ramas primarias es una característica que se relaciona con la productividad y también depende de la interacción genotipo ambiente, puesto que ayuda a determinar una mayor fructificación para ambas variedades y es propia de las plantas de café arábigo; por otra parte Rakocevic y Filho (2010) y Santos et al. (2022) manifiestan que las ramas plagiotrópicas son más importantes para la producción en cafetos de siete años.

Para la variable longitud de la hoja los mayores promedios se obtuvo con el cultivar Bourbon, estos valores son similares a los obtenidos por Anacafé (2019) donde mencionan que el cultivar Bourbon tiende a tener un mejor desarrollo y que estas variables puedes aumentar o disminuir dependiendo de la cantidad de la luz solar; Zapata et al. (2015) en sus estudios realizados mencionan que el estado nutricional de la planta, manejo agronómico y las condiciones de la zona condicionan el desarrollo de la hoja. Suazo (2020) manifiesta que la capacidad genética de las plantas permite reacciones ante las variaciones del ambiente reflejándose en su morfología.

En cuanto al color de la hoja joven el cultivar Bourbon presentó los siguientes porcentajes, bronce de 64 %, verde de 30 % y verde claro de 6%, siendo este cultivar el que presenta mayor variabilidad en la colorimetría de sus hojas; mientras que el cultivar Typica predominó en un 80 % el color bronce y verde de 20 %. Estos resultados fueron superiores en el color bronce a los encontrados por Wigoberto et al. (2022) que manifiesta que el color predominante fue el bronce con un 55% a 70 %, seguido del verde con un 30 % a 43%. Anacafé (2022) menciona que el color bronce es una característica frecuente de la variedad Typica. A diferencia de los resultados obtenidos en este trabajo, Julca et al. (2023) manifiestan que la variedad Bourbon presenta hoja joven de color verde claro y este vuela verde oscuro cuando está maduro.

Los datos obtenidos con respecto al promedio de número de hojas por planta para el cultivar Bourbon de 6 307 hojas mientras que el cultivar Typica presentó el mayor promedio de 6 970 hojas por planta. Blanco et al. (2003) y Montoya et al. (2017) menciona que al tener mayor número de hojas el proceso fotosintético será mayor ya que es una determinante para el rendimiento y nutrición del fruto, dado que la duración de la hoja está en un promedio de 9 a 15 meses dependiendo de la edad del cultivo. Por otra parte Villarreyña Acuña (2016) manifiesta que la velocidad a la que las hojas se renuevan tiende a ser menor en cultivos bajo sombra y en cultivos a pleno sol se desarrollan rápidamente.

De acuerdo a los datos obtenidos el cultivar typica presentó un mayor promedio en la longitud del entrenudo de 8,35 cm y cultivar Bourbon de 6,95 cm, estos datos concuerdan con Anacafé (2019) dado que la variedad typica presenta entrenudos largos y que el exceso de luz conlleva al alargamiento de los entrenudos obteniendo una mayor altura Blanco et al. (2003) y según Anacafé (2019) y Flórez et al. (2017) manifiestan que en la variedad bourbon los entrenudos son más cortos pero la producción de ramas es mayor y por ende la producción.

El ángulo de inserción de la rama para el cultivar Typica fue de 75,63 ° y del ápice de la hoja de 70,18 ° siendo mayor en comparación con el cultivar Bourbon que fue de 66,05° el ángulo de inserción de la rama y 68 ° en el ápice de la hoja, estos datos se asemejan a los de Cosme et al. (2020) donde ellos encontraron valores de 70 ° a 90 ° mientras que Cárdenas (2007) encontró valores de 66 a 72 grados. En cuanto a los descriptores según Anacafé (2019) menciona que las claves para identificar el ángulo para la variedad typica está en promedio

de 50 ° a 70 ° y Flórez et al. (2017) indica que el ángulo de inserción de la variedad Bourbon está en un promedio de 63 °, y que estos pueden variar de acuerdo a la producción de granos de café; lo cual coincide parcialmente con los resultados obtenidos en este trabajo.

El rendimiento que presentó mejor formación de frutos fue el cultivar Bourbon con un promedio de 214 y 155 frutos por rama en las 2 etapas de evaluación y el cultivar typical de 176 y 112 frutos respectivamente, la disminución que presentó en la segunda etapa se debe a que se realizó una poda para tener nuevos brotes de ramas como lo menciona Flórez et al. (2017), que las ramas jóvenes tienen mayor producción con respecto a la variedad typical. Alvarez et al. (2023) en sus estudios realizados en la misma localidad en la variedad bourbon presenta de 68 a 72 frutos por rama en plantas de 2,5 años y en la cual se empleó fertilizantes para la nutrición cada 15, 30 y 90 días durante cinco meses después de la floración.

7.2. Características Fisiológicas

Para la variable de contenido de clorofila (SPAD) para el cultivar Bourbon no presentó diferencias durante sus dos evaluaciones con valores de 70,64 y 69,51 unidades SPAD, mientras que el cultivar Typical presentó un aumento de 62,78 y 66,14 unidades SPAD, como resultado de una fertilización foliar a base de nitrógeno en la etapa vegetativa. Estos datos se asemejan a los obtenidos por Encalada et al. (2016) que el café expuesto al 100 % de luz solar presenta valores menores de clorofila, sucediendo lo contrario al aplicar diferentes porcentajes de sombra. Rodríguez-Arrobo et al. (2023) manifiestan que la utilización de bioestimulantes en plántulas de cacao ayuda al crecimiento, desarrollo vegetativo y absorción de nutrientes de tal manera los valores de la clorofila aumentarán. DaMatta et al. (2002) observaron una correlación positiva entre la cafeína y el contenido de nitrógeno en hojas de café, por lo que es probable que la mayor concentración de clorofila en la etapa vegetativa de la variedad Caturra Rojo (3.263 mg g⁻¹ PF) esté más ligada a efectos de temperatura y formación de hojas que al contenido de nitrógeno.

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran, que para el cultivar Bourbon la densidad estomática presentó un promedio de 121 estomas por 1 mm² y Typical de 101 estomas, Suescún Peñaranda et al. (2020) en su investigación encontró que al tratar ramas con Cochinchina al 1% para la producción de líneas puras con potencial comercial presentaron una densidad estomática de 122 por 1 mm², siendo estos valores bajos en cuanto a la densidad estomática en comparación a otras investigaciones. Julca et al. (2023) ha

reportado 160 estomas 1 mm^2 en la variedad *Typica* y se sabe que la cantidad de estomas puede variar, según los cultivares y también por las variaciones climáticas. Además, la estructura y área foliar puede cambiar dependiendo si las plantaciones están con sombra o a plena exposición solar. Quintana-Escobar et al. (2017) manifiesta que la densidad puede inferir ante las condiciones de estrés, lo cual se relaciona con los cambios observados en el cultivo de tomate con la disminución del número de estomas. Soares et al. (2021) reporta que las condiciones ambientales pueden modificar la densidad y el tamaño de los estomas. Además Xiao et al. (2024) menciona que la densidad de los estomas afectan en gran medida la conductancia difusiva de las hojas y el equilibrio entre la cantidad de CO_2 requerido para la fotosíntesis y el nivel de disponibilidad de agua también está determinado por los rasgos estomáticos. Mientras que Encalada et al. (2016), Rodríguez et al. (2016) y Pires da Gama et al. (2017) mencionan que los cafetos expuestos a pleno sol presentaron un promedio mayor de estomas y a medida que se incrementó la sombra la densidad estomática va disminuyendo. En otros estudios realizados indican que la densidad estomática no afectó significativamente la conductancia estomática o las tasas fotosintéticas, sino que es una respuesta ante una estrategia evolutiva y adaptativa a largo plazo mediante la cual las plantas alteran los rasgos anatómicos de las hojas para hacer frente a cambios permanentes en las condiciones ambientales (Camargo y Marengo, 2011).

Los mayores valores de índice estomático fueron para el cultivar *Typica* con promedio de 24 de índice y el número de células epidérmicas típicas para el cultivar *Bourbon* fue de 395 células por mm^2 . Pérez-Molina et al. (2021) manifiesta que las hojas de café bajo sombra tienen un índice estomático y una densidad más bajas en comparación con las hojas sin sombra. Quintana-Escobar et al. (2017) cita que cultivos de café sometidos a estrés hídrico presentó un mayor índice estomático. Encalada et al. (2016) señala resultados de mayor índice estomático por área de hojas de café expuestas al sol. Camargo y Marengo (2011) en su investigación mencionan que el índice estomático es una función total de la radiación recibida y de las variaciones que se experimentan durante los días precedentes a la diferenciación de los estomas de la hoja. Por otra parte Reyes et al. (2015) encontraron en plantas de *Carica papaya*, una disminución del índice estomático cuando fueron sometidas a cuatro concentraciones de salinidad. En sus estudios Xiao et al. (2024) recalca que las células epidérmicas al presentar varias formas estas pueden aumentar o disminuir, y como

consecuencia afectar la absorción de luz, y que las propiedades de las células epidérmicas juegan un papel importante en la capacidad fotosintética. Mientras que Pires da Gama et al. (2017) expone que al aplicar fertilizantes con diferentes niveles de NPK las células epidérmicas presentan características de disminución de tamaño, como una estrategia adaptativa que contribuye a la resistencia contra el colapso celular. Rodríguez et al. (2016) al utilizar en plantas de café reguladores de crecimiento como las auxinas encontró, que en gran medida son responsable de las diferencias estructurales, permiten la distensión de las células epidérmicas de las hojas sombreadas y de ahí su mayor crecimiento.

7.3. Características Anatómicas

La anatomía foliar presentó diferencias en los parénquimas empalizada y esponjoso, el cultivar *Typica* presentó el mayor promedio de 108,88 μm de longitud del parénquima empalizada y 211,17 μm de longitud de parénquima esponjoso, en comparación al cultivar *Bourbon* que sus valores fueron bajos. Encalada et al. (2016), De Lima et al. (2013) y Rodríguez et al. (2016) en sus investigaciones encontraron que las plantas de café expuestas al sol los parénquimas empalizada y esponjoso serán más gruesos, y disminuyen a menor intensidad de luz. Xiao et al. (2024) consideran como una indicación clara de las características anatómicas de cada variedad de *C. arábica* y el aumento en el espesor del parénquima esponjoso aumentaría la superficie de los cloroplastos expuestos al espacio aéreo intercelular. De Lima et al. (2014) observó que la empalizada y el parénquima esponjoso exhibían células más cortas en presencia de estrés salino y dificultad de asimilación de agua por las raíces de las plantas. En cambio Pérez-Molina et al. (2021) manifiesta que el parénquima empalizada en comparación con el parénquima esponjoso aumento al haber una mayor captura de luz solar y con aplicación de Zn, y disminuir ante la presencia de sombra. Pires da Gama et al. (2017) y Soares et al. (2021) mencionan que el parénquima empalizada aumenta en el espesor a partir de la fertilización de NPK al 70 y 130 %. Santos et al. (2022) explica que el parénquima esponjoso es una característica existente en cada genotipo de algunas variedades de cafeto y se manifiestan de acuerdo al entorno que se encuentren. Crisafulli y Navarini (2023) señala que en algunas especies de café en todo el tejido foliar tienden a disminuir durante la temporada vegetativa (junio). Los promedios en el tejido adaxial y abaxial no presentaron diferencia entre los dos cultivares. Datos similares presenta Arimarsetiowati et al. (2023) quienes encontraron un promedio de 28,49 μm de longitud en

tejido abaxial presente en plantas madres de café procedentes de invernadero. Pérez-Molina et al. (2021) expone que el espesor del tejido adaxial y abaxial se redujo, con un aumento de la radiación fotosintéticamente activa y esto puede reflejar una mayor eficiencia fotosintética en condiciones de campo que conduciría a un rápido y completo desarrollo de los frutos antes de la cosecha y favoreciendo la calidad en taza.

La longitud de estomas en los dos cultivares de café fueron para Bourbon 24,75 μm y 24,55 μm para el cultivar Typica. Datos similares presenta Camargo y Marengo (2011) cuyos estomas con un promedio de 22,5 μm de longitud en un estudio que se realizó a 35 especies de árboles tropicales, Arimarsetiowati et al. (2023) encontraron un promedio de 22,68 μm longitud de estomas en plántulas de café por su parte Rodríguez et al. (2016) reporta promedio de 26,8 μm en la variedad caturra rojo con diferentes niveles de radiación solar. Suescún Peñaranda et al. (2020) encontró una longitud de estomas mayor de 28,5 μm con aplicación de Cochinchina al 1%. Mientras que Reyes et al. (2015) encontró la longitud de estomas en seis géneros de Vanilla con un promedio de 37,65 μm a 48,25 μm .

El cultivar Typica presentó un mayor promedio de 139 vasos por mm^2 y un diámetro de 44,10 μm en vasos conductores. Santos et al. (2022) en su investigación de variedades de café arábica el genotipo Catuaí Vermelho IAC 15 destacó por presentar alto valor medio del número de vasos 134 vasos por mm^2 en sistema de riego en el Cerrado Central, este riego que se basó en el balance hídrico del suelo, lo que puede promover la translocación de agua y sales minerales en la planta, dando una mejor productividad. Queiroz-Voltan et al. (2014) manifiesta que en suelos con baja o alta fertilidad pueden existir cambios en los vasos conductores con la gran capacidad de la planta para transformar la savia bruta en savia elaborada. Mientras que Soares et al. (2021) señala que los desequilibrios nutricionales pueden afectar la estructura interna de las plantas, por lo que pueden ocurrir cambios en la diferenciación de los vasos, variar su tamaño y afectar la conductividad hidráulica en el xilema.

8. Conclusiones

- El cultivar Bourbon presentó promedios mayores en diámetro del tallo, longitud de la rama, longitud y ancho de la hoja, longitud del peciolo foliar, número de frutos por rama y la longitud de la arista de la estípula; mientras que el cultivar Typica presentó valores mayores en el ángulo de inserción de la rama, el ángulo del ápice de la hoja, longitud de entrenudos, número de hojas y número de ramas.
- En cuanto a las características fisiológicas el cultivar Bourbon presentó mejores promedios en unidades SPAD, células epidérmicas y densidad estomática y el cultivar Typica un mayor índice estomático.
- En las características anatómicas de la hoja el cultivar Typica presentó valores mayores de las dimensiones del parénquima en empalizada y esponjoso, de igual manera para el número de vasos conductores por milímetro cuadrado y el diámetro de los vasos conductores en los cortes transversales de las ramas; mientras que en las demás variables no se presentaron diferencias.

9. Recomendaciones

- Elaborar guías o fichas de caracterización morfológicas de cada variedad de café arábigo, donde se incluyan todas las partes de la planta de café.
- Profundizar los estudios de caracterización anatómica, que permitan contar con mayor información sobre las variedades de mayor utilización en provincia de Loja.
- Realizar estudios de las características genéticas de la planta de café con el fin de determinar con más precisión la diversidad genética en los cafetales de la provincia de Loja.

10. Bibliografía

- Álvarez, I., & Reynaldo, I. M. (2015). Efecto del Pectimorf® en el índice estomático de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 36(3), 82-87.
- Alvarez-Lino, M., Ruilova, V., Abad-Guamán, R., & Capa-Morocho, M. (2023). Influencia de diferentes estrategias de nutrición en la etapa reproductiva del café (*Coffea arabica*) en la Región Sur del Ecuador. *CEDAMAZ*, 13, 195-204.
<https://doi.org/10.54753/cedamaz.v13i2.1831>
- Anacafé. (2019). *Guía de variedades Anacafé*.
https://www.academia.edu/108956714/Gu%C3%ADa_de_variedades_Anacaf%C3%A9
- Anacafé. (2022). *03—Variedades de Café | PDF | Reproducción sexual | café*. Scribd.
<https://es.scribd.com/presentation/637864006/03-Variedades-de-Cafe>
- Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, L., & Hincapié, E. (2007). *Capítulo 2—Crecimiento y desarrollo de la 1 planta de café*.
- Arimarsetiowati, R., Daryono, B. S., Astuti, Y. T. M., & Semiarti, E. (2023). Anatomical Studies and Evaluation of Genetic Stability in Plantlets Derived from Somatic Embryos of Arabica Coffee. *HAYATI Journal of Biosciences*, 30(3), Article 3.
<https://doi.org/10.4308/hjb.30.3.510-521>
- Avendaño, J. (2017). *Clasificación de las estructuras vegetativas presentes en ramas de café usando visión de máquina*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/60900>
- Balladares, D. D., & Calero, J. M. (2005). *Efecto de la sombra y fertilización sobre el crecimiento, estructura productiva, rendimiento y calidad del café (Coffea arabica) vr. Costa Rica 95* [Engineer, Universidad Nacional Agraria, UNA].
<https://repositorio.una.edu.ni/1969/>

- Bello, I. Á., & Escobar, I. M. R. (2015). EFECTO DEL PECTIMORF® EN EL ÍNDICE ESTOMÁTICO DE PLANTAS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 36(3), 82-87.
- Blanco-Navarro, M., Hagggar, J., Moraga, P., Madriz, J. del C., & Pavón, G. (2003). Morfología del café (*Coffea arabica* L.), en lotes comerciales. Nicaragua. *Agronomía Mesoamericana*, 97-103. <https://doi.org/10.15517/am.v14i1.11996>
- Camargo, M. A. B., & Marengo, R. A. (2011). Density, size and distribution of stomata in 35 rainforest tree species in Central Amazonia. *Acta Amazonica*, 41, 205-212. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672011000200004>
- Cárdenas, I. (2007). *Caracterización morfológica y agronómica de la colección núcleo de café (Coffea arabica L.) del CATIE*. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4589>
- Carlota. (2020). *El café de Ecuador*. <https://es.linkedin.com/pulse/el-caf%C3%A9-de-ecuador-f%C3%B3rum-cultural-del-caf%C3%A9>
- Cosme, R., Buendía Molina, M., Rojas, E., & Poma, V. (2020). *Caracterización morfológica de cinco variedades de café (Coffea arabica L.) y su resistencia a la roya (Hemileia vastatrix), en el Valle del Alto Huallaga, Tingo María. 1*, 151-162.
- Craparo, A. C. W., Steppe, K., Van Asten, P. J. A., Läderach, P., Jassogne, L. T. P., & Grab, S. W. (2017). Aplicación de la termografía para el seguimiento de la conductancia estomática de *Coffea arabica* bajo diferentes sistemas de sombreado. *Science of The Total Environment*, 609, 755-763. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.158>
- Crisafulli, P., & Navarini, L. (2023). Cytoplasmic lipid droplets (LDs) occurrence in leaf tissues of different *Coffea* species: A new physiological trait in coffee. *Flora*, 305, 152349. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2023.152349>

- DaMatta, F. M., Loos, R. A., Silva, E. A., & Loureiro, M. E. (2002). Limitaciones a la fotosíntesis en *Coffea canephora* como resultado de la disponibilidad de nitrógeno y agua. *Journal of Plant Physiology*, 159(9), 975-981. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-00807>
- De Lima, R. B., dos Santos, T. B., Vieira, L. G. E., de Lourdes Lúcio Ferrarese, M., Ferrarese-Filho, O., Donatti, L., Boeger, M. R. T., & de Oliveira Petkowicz, C. L. (2014). El estrés salino altera los polisacáridos de la pared celular y la anatomía de las células de las hojas de café (*Coffea arabica* L.). *Carbohydrate Polymers*, 112, 686-694. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.06.042>
- De Lima, R. B., dos Santos, T. B., Vieira, L. G. E., Ferrarese, M. de L. L., Ferrarese-Filho, O., Donatti, L., Boeger, M. R. T., & Petkowicz, C. L. de O. (2013). Heat stress causes alterations in the cell-wall polymers and anatomy of coffee leaves (*Coffea arabica* L.). *Carbohydrate Polymers*, 93(1), 135-143. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.05.015>
- Duicela, L., Velásquez, S., & Talledo, D. (2017). ORGANOLEPTIC QUALITY OF ARABIAN COFFEES IN RELATION TO THE VARIETIES AND ALTITUDES OF THE GROWING AREAS, ECUADOR. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 18, 67-77.
- Encalada, M., Soto-Carreño, F., Morales-Guevara, D., & Álvarez-Bello, I. (2016). Influencia de la luz en algunas características fisiológicas del cafeto (*Coffea arabica* L. cv. Caturra) en condiciones de vivero. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 89-97. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10544.76801>
- Feijoo, C. E. F., Armijos, D. D. R., & Cofrep, D. A. P. (2019). *GUÍA PARA CORTES ANATÓMICOS DE LA MADERA*.

- Flórez, C. P., Arias, J. C., & Orrego, H. D. (2017). Guía para la caracterización de las variedades de café: Claves para su identificación. *Avances Técnicos Cenicafé*, 1-12. <https://doi.org/10.38141/10779/0476>
- Gil Marín, J. A., Rodríguez, R., Jasso Cantú, D., & Zermeño, A. (2006). Resistencia estomática, transpiración y potencial hídrico en sábila con diferentes condiciones ambientales. *Terra Latinoamericana (Edo. de Méx.)*, 24(3), Article 3.
- González, H., Sadeghian, S., & Jaramillo, Á. (2014). *Épocas recomendables para la fertilización de cafetales*. https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/avances_tecnicos/avance_tecnico_0442
- INIAP 2020. (s. f.). Recuperado 28 de noviembre de 2023, de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5715/1/iniapecaIACC2020.pdf>
- Jezeer, R., & Verweij, P. A. (2016). *Café en sistemas Agroforestales- Doble dividendo para la biodiversidad y los pequeños agricultores en Perú*.
- Julca, A., Alvarado, L., Borjas, R., Castro Cepero, V., León-Rojas, F., Palacios, D., & Bello, S. (2023). Variedades de café (*Coffea arabica*), una revisión y algunas experiencias en el Perú. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 10, 134-155. <https://doi.org/10.53287/ruyx4519vm15b>
- Lema, V. (2019). *Informe de rendimientos objetivos de café 2019*. <https://online.fliphtml5.com/ijia/zeck/>
- Marín, T., Gómez-Merino, F. C., Aguilar-Rivera, N., Murguía-González, J., Trejo-Téllez, L. I., Pastelín-Solano, M. C., & Castañeda-Castro, O. (2018). COMPOSICIÓN BIOACTIVA DE HOJAS DE CAFÉ DURANTE UN CICLO ANUAL. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 41(4), 365-372. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.4.365-372>

- Marín-Garza, T., Gómez-Merino, F., Aguilar-Rivera, N., Murguía-González, J., Trejo-Téllez, L. I., Pastelín-Solano, M., & Castañeda-Castro, O. (2018). COMPOSICIÓN BIOACTIVA DE HOJAS DE CAFÉ DURANTE UN CICLO ANUAL BIOACTIVE COMPOSITION OF COFFEE LEAVES DURING AN ANNUAL CYCLE. *Revista fitotecnica mexicana publ. por la Sociedad Mexicana de Fitogenética*, *41*, 365-372. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.4.365-372>
- Mariño, Y. (2014). Respuesta fotosintética de Coffea arabica a diferentes niveles de luz y disponibilidad hídrica. *Acta Agronómica*, *63*, 128-135. <https://doi.org/10.15446/acag.v63n2.38454>
- Monroig, M. (2016). *MORFOLOGÍA DEL CAFETO*.
- Montoya, E., Hernández, J., Unigarro Muñoz, C., & Florez, C. (2017). Estimación del área foliar en café variedad Castillo® a libre exposición y su relación con la producción. *68*, 55-61. <https://doi.org/10.38141/10778/68105>
- Ortiz, N., Barbón, R., Capote, A., Pérez, A., & Robaina, M. (2017). Caracterización morfológica en vivero de plantas de Coffea arabica L. cv. Caturra rojo J-884 obtenidas por embriogénesis somática. *Biotecnología Vegetal*, *17*(4), Article 4. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/568>
- Pérez-Molina, J. P., Picoli, E. A. de T., Oliveira, L. A., Silva, B. T., de Souza, G. A., Rufino, J. L. dos S., Pereira, A. A., Ribeiro, M. de F., Malvicini, G. L., Turello, L., D'Alessandro, S. C., Sakiyama, N. S., & Ferreira, W. P. M. (2021). Excepcionespreciadas: Asociación de rasgos morfoanatómicos de la hoja con calidad en taza de Coffea arabica L. cv. "Catuaí". *Food Research International*, *141*, 110118. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110118>

- Pires da Gama, T. C., Sales Junior, J. C., Toledo Castanheira, D., Rezende de Oliveira Silveira, H., & Alves de Azevedo, H. P. (2017, marzo 30). *View of Anatomy and physiology of leaf coffee plants in different fertilizing levels*. https://coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/1195/pdf_1195
- Prado, W.-E., Suárez, L. C., Ramos, Y. C. M., Mompie, E. J., & García, M. C. N. (2021). Efecto del Azofert®-F en la respuesta estomática del frijol ante el déficit hídrico. *Agronomía Mesoamericana*, 442-451. <https://doi.org/10.15517/am.v32i2.42001>
- Queiroz-Voltan, R. B., Nardin, C. F., Fazuoli, L. C., & Braghini, M. T. (2014). Caracterização da anatomia foliar de cafeeiros arábica em diferentes períodos sazonais. *Biotemas*, 27(4), Article 4. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2014v27n4p1>
- Quintana-Escobar, A. O., Iracheta-Donjuan, L., Méndez-López, I., Alonso-Báez, M., Quintana-Escobar, A. O., Iracheta-Donjuan, L., Méndez-López, I., & Alonso-Báez, M. (2017). Caracterización de genotipos élite de *Coffea canephora* por su tolerancia a sequía. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 183-198. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.23874>
- Rakocevic, M., & Filho, A. A. (2010). Características morfofisiológicas de *Coffea arabica* L. em diferentes arranjos: Lições de abordagem de plantas virtuais tridimensionais. *Coffee Science - ISSN 1984-3909*, 5(2), Article 2.
- Reyes-López, D., Quiroz-Valentín, J., Kelso-Bucio, H. A., Huerta-Lara, M., Avendaño-Arrazate, C. H., & Lobato-Ortiz, R. (2015a). Caracterización estomática de cinco especies del género *Vanilla*. *Agronomía Mesoamericana*, 237-246. <https://doi.org/10.15517/am.v26i2.19279>

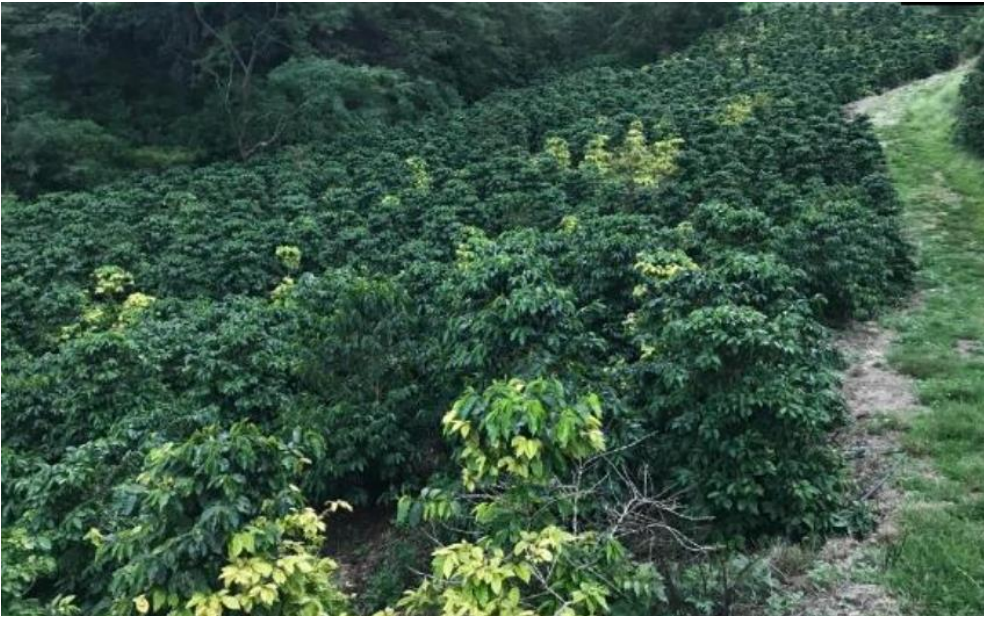
- Reyes-López, D., Quiroz-Valentín, J., Kelso-Bucio, H. A., Huerta-Lara, M., Avendaño-Arrazate, C. H., & Lobato-Ortiz, R. (2015b). Caracterización estomática de cinco especies del género *Vanilla*. *Agronomía Mesoamericana*, 237-246. <https://doi.org/10.15517/am.v26i2.19279>
- Rodríguez Larramendi, L. A., Guevara Hernández, F., Gómez Castro, H., Fonseca Flores, M., Gómez Castañeda, J. C., & Pinto Ruiz, R. (2016). Anatomía foliar relacionada con la ruta fotosintética en árboles de café (*Coffea arabica* L., var. Caturra Rojo) expuestos a diferentes niveles de radiación solar en la Sierra Maestra, Granma, Cuba. *Acta Agronómica*, 65(3), 248-254. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n3.46731>
- Rodríguez-Arrobo, T., Cajamarca-Crespo, K., Barrezueta-Unda, S., Luna-Romero, A., & Villaseñor-Ortiz, D. (2023). Efectos de bioestimulantes en el crecimiento morfológico de plántulas de cacao en etapa de vivero. *Manglar*, 20(2), Article 2. <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.013>
- Ruiz, C., & Merlín, Y. (2021). *¡Produce harto café Guía de variedades de café Con la variedad adecuada!* <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32886.11845>
- Santiana Ayala, G. F. (2013). *Proyecto de factibilidad para creación de una microempresa dedicada a la producción y comercialización de café molido lojano en la ciudad Quito* [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5237>
- Santos, C. S. dos, Matos, N. M. S. de, Rezende, T. T., Mauri, J., Rodrigues, G. C., Veiga, A. D., Bartholo, G. F., & Carvalho, M. A. de F. (2022). Agronomic, anatomic and physiological characterization of *Coffea arabica* L. genotypes on irrigated system in the Central Cerrado. *Coffee Science - ISSN 1984-3909*, 17, e172021-e172021. <https://doi.org/10.25186/v17i.2021>

- Soares, D. dos S., Silva, E. A. da, Carvalho, M. A. de F., Pereira, F. A. C., & Guimarães, R. J. (2021). Leaf anatomy, physiology and vegetative growth of fertigated *Coffea arabica* L. trees after exposure to pruning. *Coffee Science - ISSN 1984-3909*, 16, e161962-e161962. <https://doi.org/10.25186/v16i.1962>
- Suazo, T. (2020). *Caracterización morfológica y molecular de café (Coffea arabica L.) variedad Catrenic proveniente de las fincas CENECOOP-Fedecaruna y El Rosal de Nicaragua, Laboratorio de Biotecnología, UNAN-Managua, 2018-2020*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/631952994/14575>
- Suescún Peñaranda, L., Herrera Pinilla, J. C., & Acuña Zornosa, J. R. (2020). Estudio de los factores limitantes para la obtención de plantas haploides de *Coffea arabica*. *Revista Cenicafé*, 71-1, 32-47. <https://doi.org/10.38141/10778/1118>
- Tumbaco, M., García, P., Vera Velázquez, R., Pazmiño, J., & Gabriel, J. (2022). EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE TRES HÍBRIDOS DE CAFÉ ARÁBIGO (*COFFEA ARÁBIGA* L.) EN TRES DISTANCIAMIENTOS DE SIEMBRA: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE TRES HÍBRIDOS DE CAFÉ ARÁBIGO. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria. ISSN 2602-8166*, 6, 87-100. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v6.n2.2022.630>
- Vargas, L. (2020, abril 7). *Taxonomía y Morfología del Café: Partes y Características*. <https://cafemalist.com/morfologia-del-cafe/>
- Venegas, S., Orellana, D., & Pérez, P. (2018). La realidad Ecuatoriana en la producción de café. *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, 2(2), 72-91.

- Villarreyña Acuña, R. A. V. (2016). *Efecto de los árboles de sombra sobre el suelo, en sistemas agroforestales con café, incluyendo la fenología y fisiología de los cafetos.*
- Wigoberto Alvarado, C., Bobadilla, L. G., Valqui, L., Valqui, G. S., Valqui-Valqui, L., Vigo, C. N., & Vásquez, H. V. (2022). Caracterización de plantas madre de *Coffea arabica* L. y propiedades fisicoquímicas de suelos asociados, Perú. *Heliyon*, 8(10), e10895. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10895>
- Xiao, Z., Ma, G., Bai, X., Li, J., Zhao, M., Su, L., & Zhou, H. (2024). The Influence of Leaf Anatomical Traits on Photosynthesis in Catimor type Arabica coffee. *Beverage Plant Research*, 4, 1-10. <https://doi.org/10.48130/bpr-0023-0035>
- Zapata, O., Espinoza, K., Melena, N., & Moncayo, J. (2015). CARACTERIZACIÓN AGRO – MORFOLÓGICA DE NUEVE VARIEDADES DE CAFÉ ARÁBIGO (*COFFEA ARÁBICA* L.) EN EL CANTÓN CALUMA, PROVINCIA BOLÍVAR, ECUADOR. *Revista de Investigación Talentos*, 2(2), Article 2.
- Zapata, O., & Jiménez, J. (2016). EVALUACIÓN AGROMORFOLÓGICA DE DOS VARIEDADES DE CAFÉ ARÁBIGA (*Coffea arábica* L.) EN TRES LOCALIDADES DEL CANTÓN CALUMA, PROVINCIA BOLÍVAR, ECUADOR. AVANCES. *Revista de Investigación TALENTOS*, 3(2), 43-50.

11. Anexos

Anexo 1. *Plantación de café cultivar typica.*



Anexo 2. *Medición de la altura de la planta.*



Anexo 3. *Medición de la longitud de los entrenudos.*



Anexo 4. *Medición del ángulo de inserción de la rama.*



Anexo 5. *Medición del ángulo del ápice de la hoja.*



Anexo 6. *Medición con el Colorímetro en las hojas de café.*



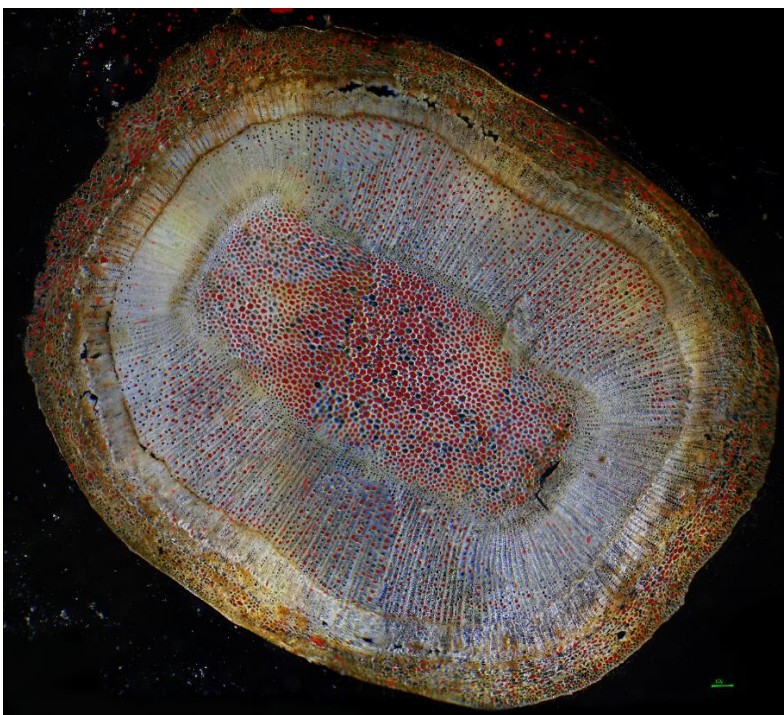
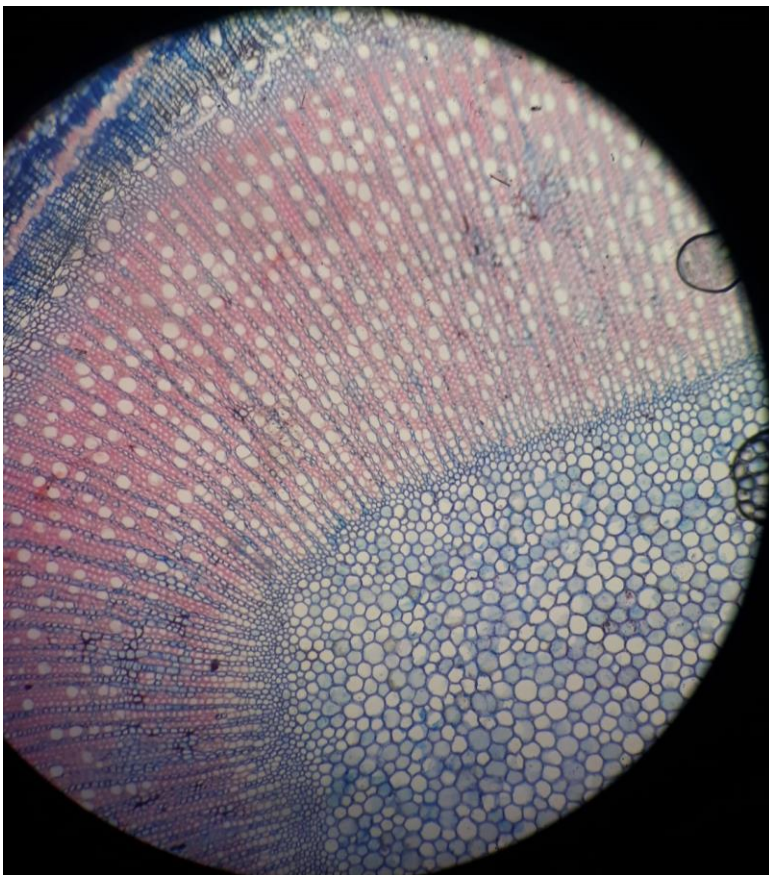
Anexo 7. Cuantificación de granos de café por planta.



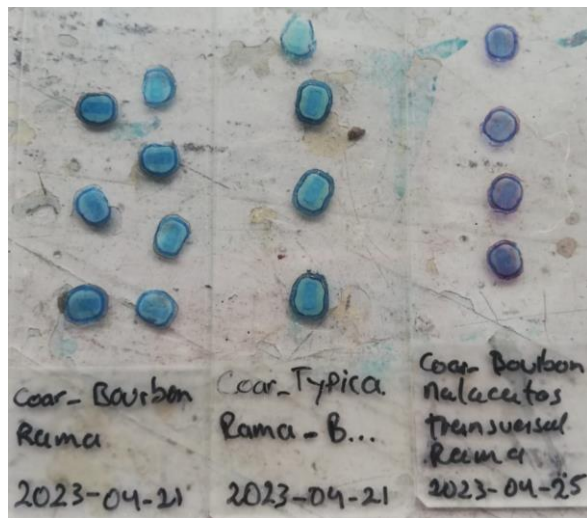
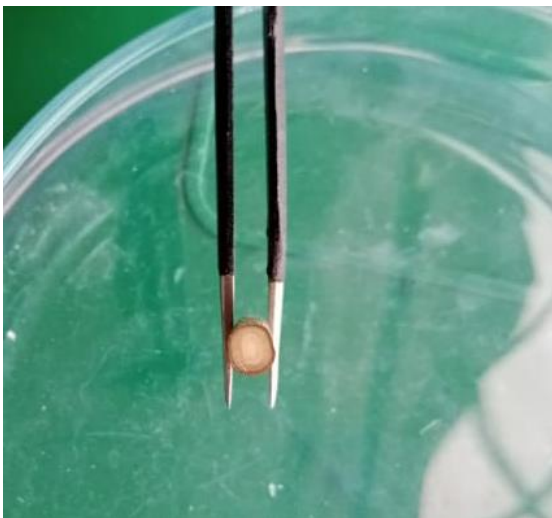
Anexo 8. Registro de la conductancia estomática en hojas de café.



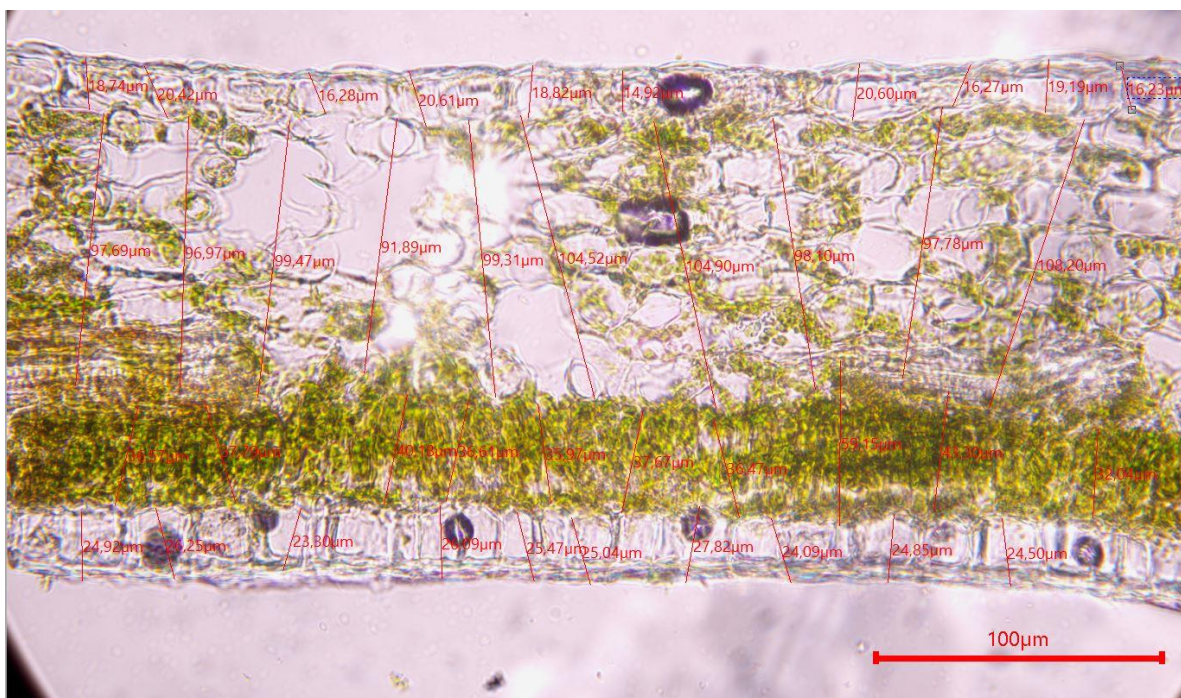
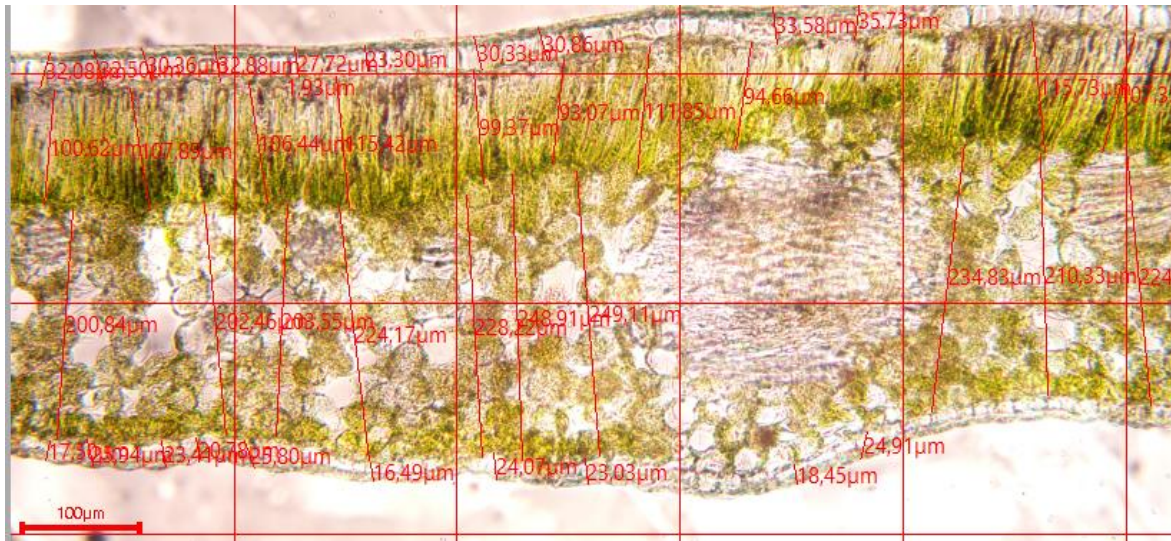
Anexo 9. Corte transversal de la rama de café con lente 10x.



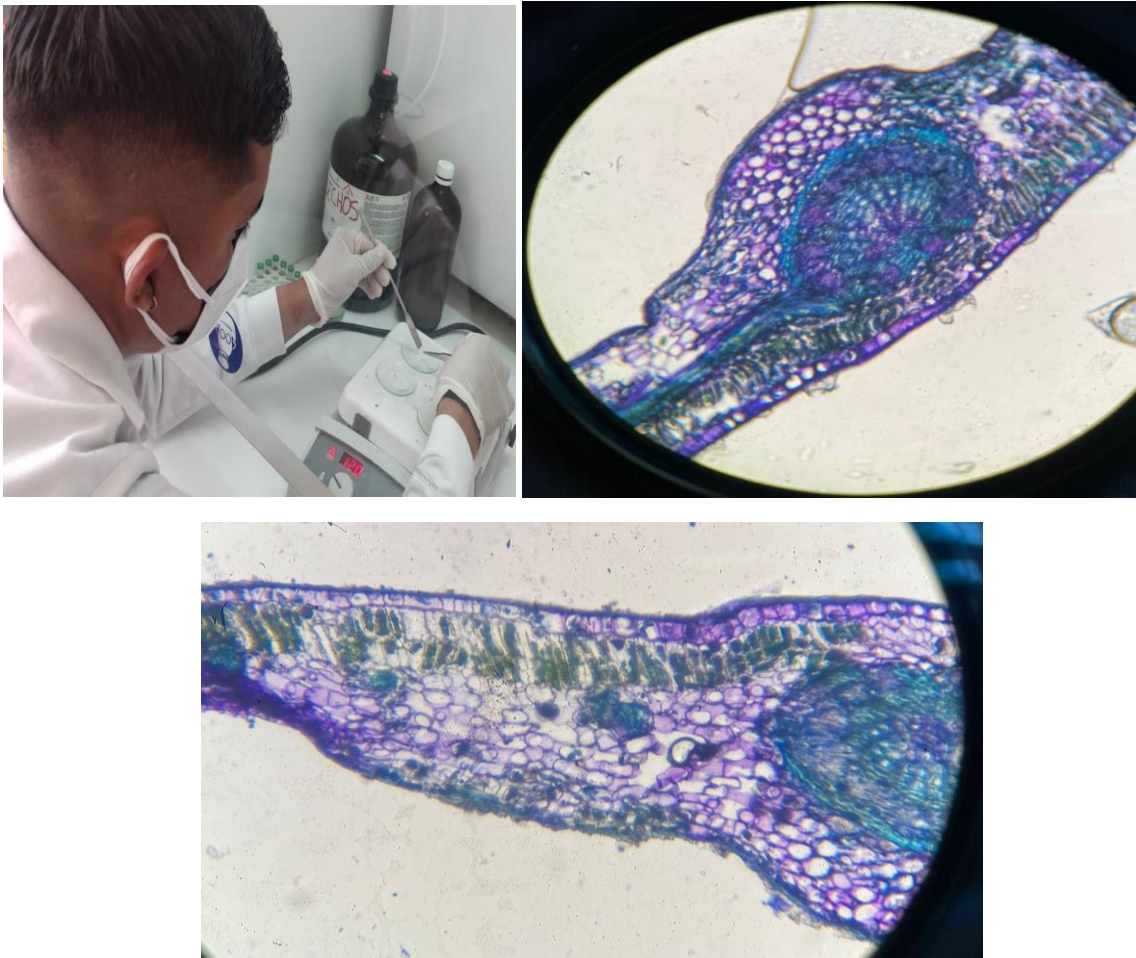
Anexo 10. A. Micrótomoto de mano. B. Muestra de la rama. C. cortes de cada variedad de café con tinte de safranina/astrablue.



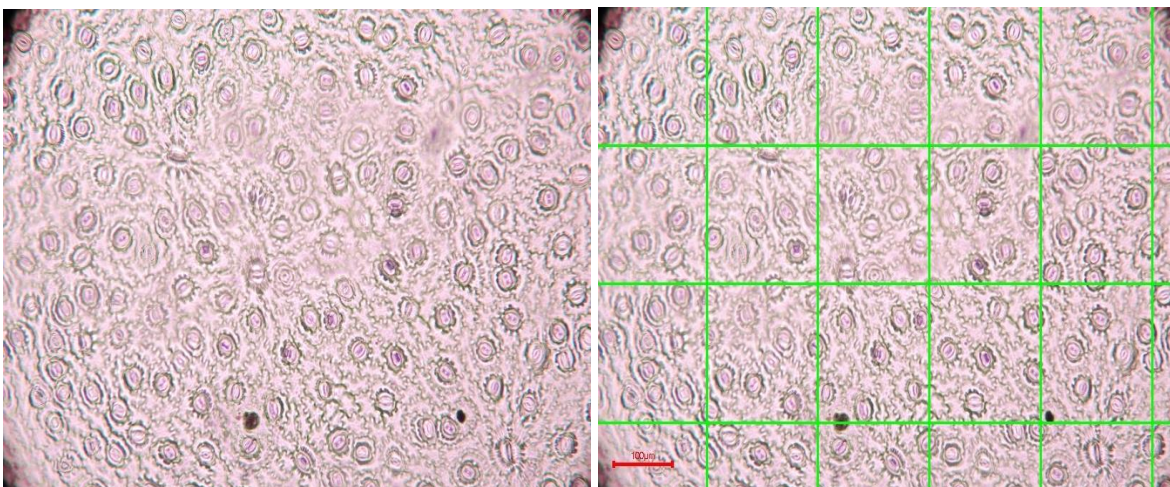
Anexo 11. Corte transversal de la hoja de café con glicerina líquida y medición de cada una de sus partes. A cultivar *Typica*. B. Cultivar *Bourbon*.



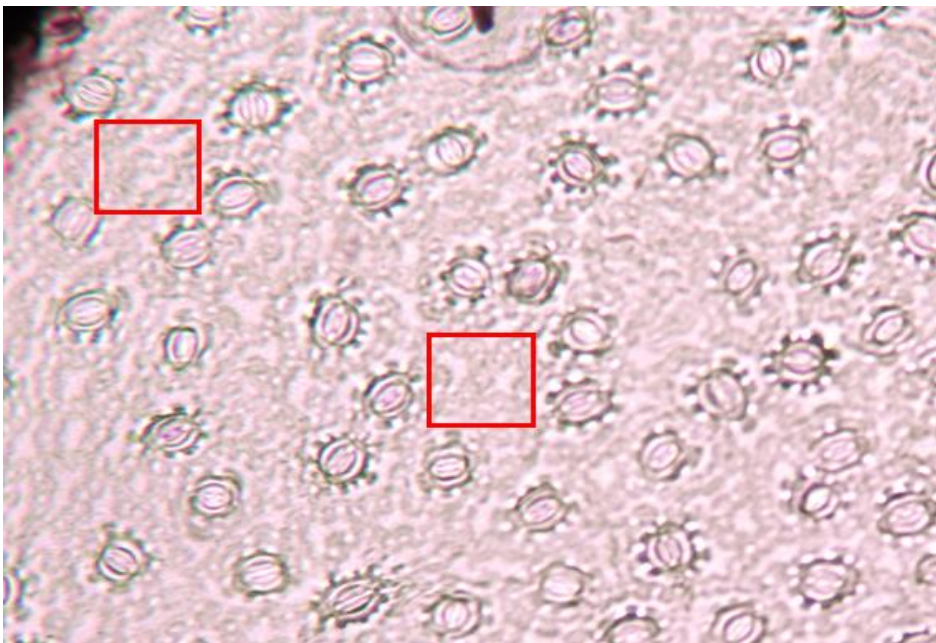
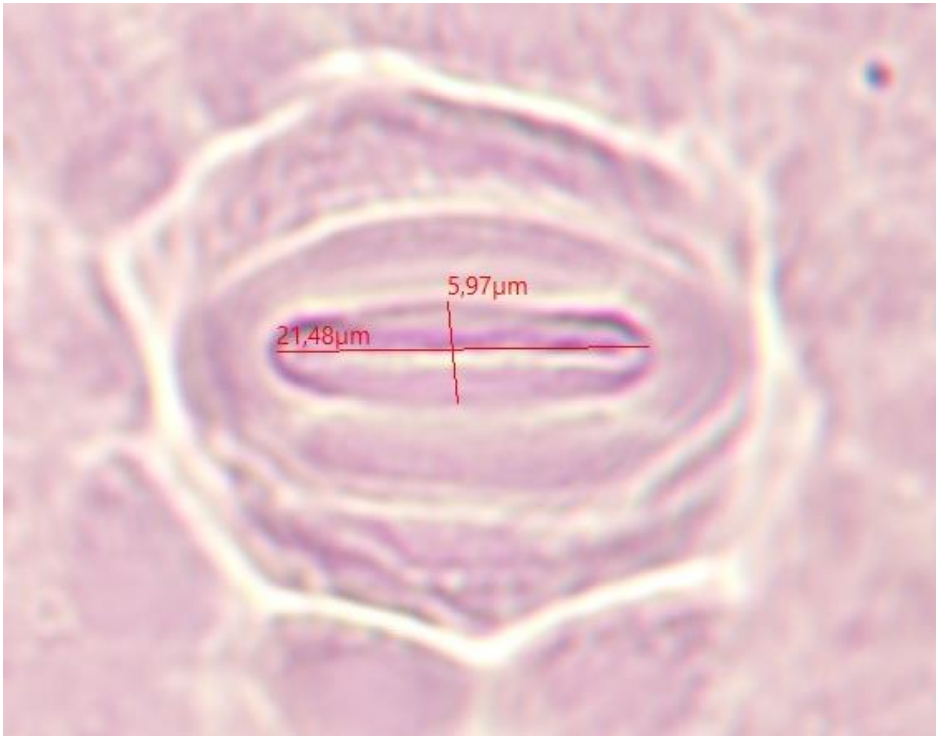
Anexo 12. A. Preparación de las muestras en laboratorio. B. tinción de los cortes transversales de las hojas de café con azul de toluidina.



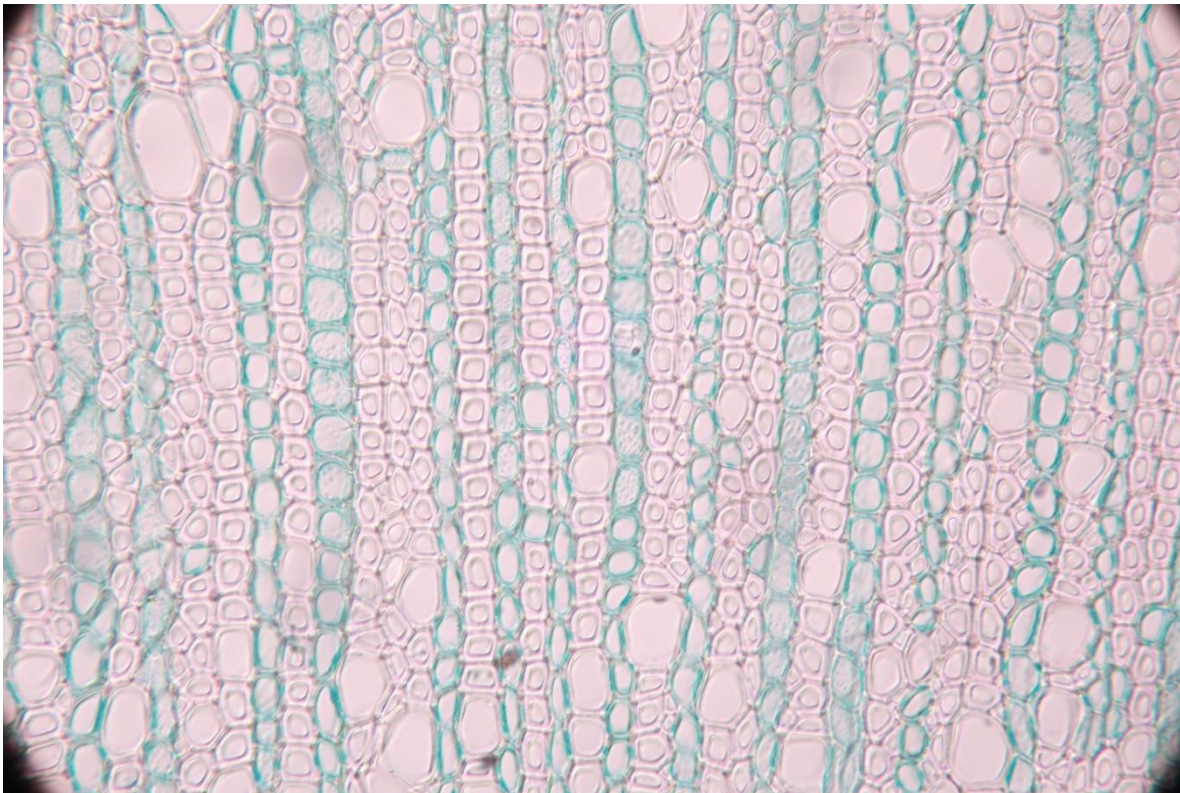
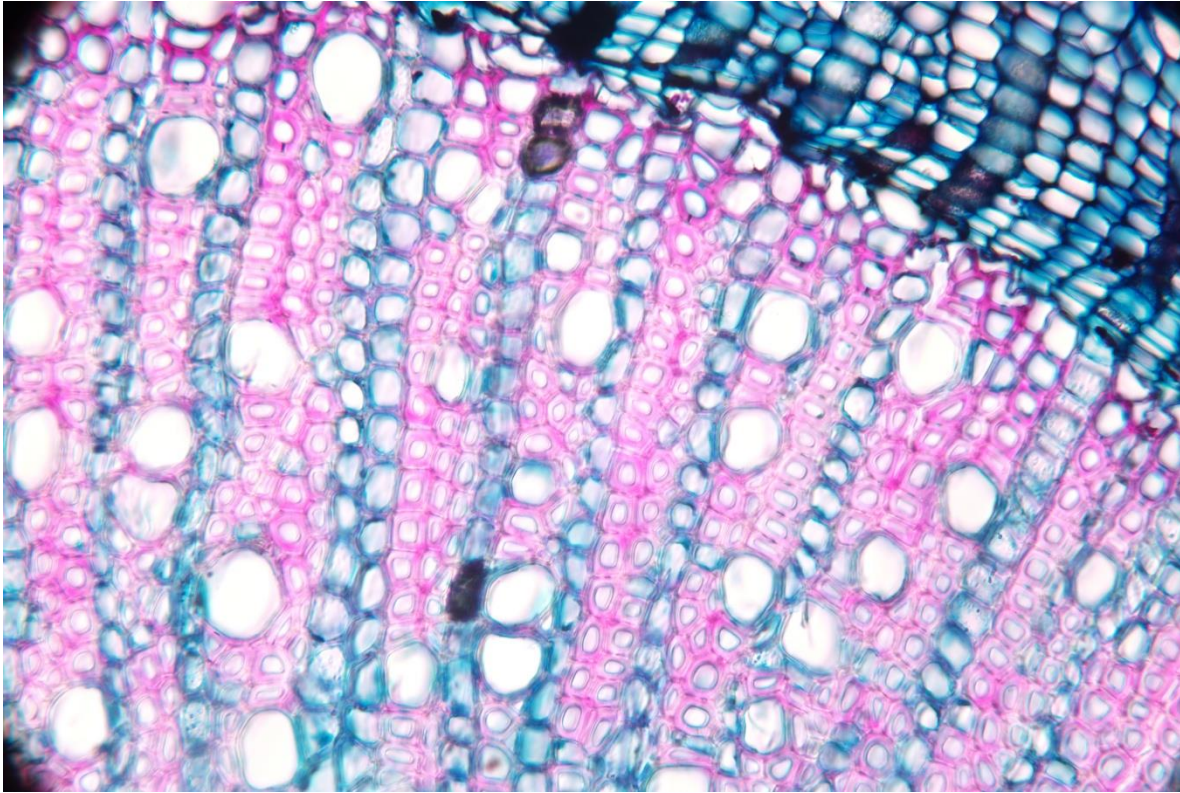
Anexo 13. Cuantificación de estomas de la hoja de café cultivar Bourbon.



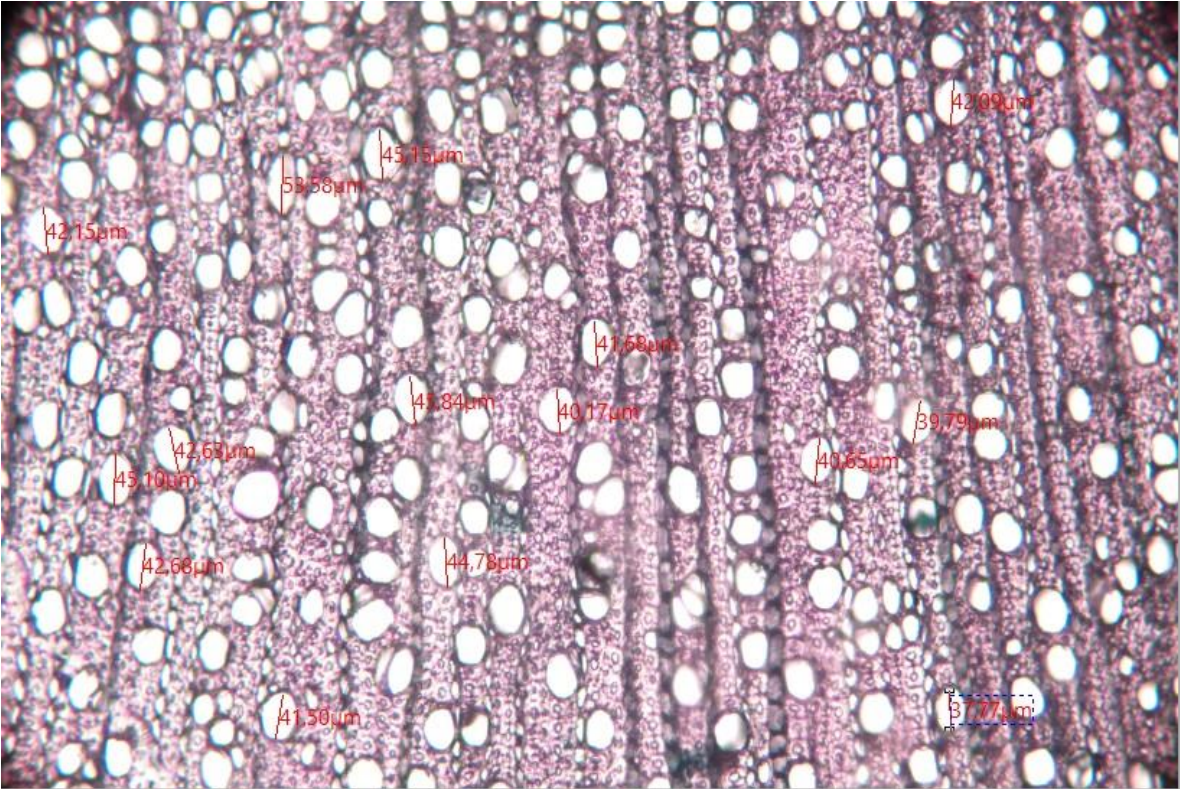
Anexo 14. A. Medición interna del estoma. B. cuantificación de células epidérmicas.



Anexo 15. A. Vasos conductores cultivar Bourbon lente 40x. B. vasos conductores cultivar Bourbon lente 40x.



Anexo 16. Medición del diámetro de los vasos del cultivar *Typica*.



Anexo 17. Certificado traducción del resumen.

Lic. Andrea Sthefanía Carrión Mgs

0984079037

andrea.s.carrion@unl.edu.ec

Loja-Ecuador

Loja, 7 de mayo del 2024

La suscrita, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs, **DOCENTE EDUCACIÓN SUPERIOR**
(registro de la SENESCYT número: 1008-12-1124463), **ÁREA DE INGLÉS-UNIVERSIDAD**
NACIONAL DE LOJA, a petición de la parte interesada y en forma legal.

CERTIFICA:

Que la traducción del resumen del documento adjunto, solicitado por el señor: **Daniel Fernando Moncayo Herrera** con cédula de ciudadanía **No. 1105577710**, cuyo tema de investigación se titula: **Caracterización morfológica, fisiológica y anatómica en los cultivos de café Bourbon y Typica en la finca "Agro Loja" de la parroquia Malacatos cantón Loja** ha sido realizado y aprobado por mi persona, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs. en Pedagogía.

El apartado del Abstract es una traducción textual del Resumen aprobado en español.

Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos pertinentes, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.

ANDREA STHEFANIA
CARRION
FERNANDEZ

Firmado digitalmente por
ANDREA STHEFANIA
CARRION FERNANDEZ
Fecha: 2024.05.07 17:58:18
-06'00'

Andrea Sthefanía Carrión Fernández. Mgs.

English Professor